

16. m

AAA

$\frac{I}{II}$

funke

UNTERSUCHUNGEN
ÜBER DIE
PHYSICALISCHE GEOGRAPHIE
DER
ALPEN

IHREN BEZIEHUNGEN ZU DEN PHÄNOMENEN DER GLETSCHER, ZUR GEOLOGIE,
METEOROLOGIE UND PFLANZENGEOGRAPHIE

VON
HERMANN SCHLAGINTWEIT UND ADOLPH SCHLAGINTWEIT.

MIT 11 TAFELN UND 2 KARTEN.

LEIPZIG,
VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.
1850.

Rh 377



79/242

SEINER EXCELLENZ

HERRN BARON

ALEXANDER VON HUMBOLDT

KÖNIGL. PREUSS. WIRKL. GEHEIMEN RATHE ETC. ETC.

WIDMEN

DIESE UNTERSUCHUNGEN

ALS EIN GERINGES ZEICHEN

UNBEGRENZTER VEREHRUNG UND INNIGSTEN DANKGEFUEHLES

HOCHACHTUNGSVOLLST

DIE VERFASSER.



79/242

V O R W O R T.

Die Beobachtungen, welche wir zunächst für die folgenden Untersuchungen benützten, wurden von uns bei wiederholtem längeren Aufenthalte in den Alpen 1846, vorzüglich 1847 und 1848 angestellt. Die Mehrzahl derselben bezieht sich auf die östlichen Alpen (Kärnthen, Tirol u. s. w.); wir waren aber stets bemüht, die verschiedenen Alpengruppen unter sich zu vergleichen. Für die westlichen dienten uns dabei, ausser einigen Beobachtungen von uns selbst während kürzeren Aufenthaltes, vorzüglich die zahlreichen und sorgfältigen schon früher veröffentlichten Arbeiten, welchen wir überhaupt für alle Theile der Alpen so vielfache Belehrung verdanken.

Es wurden im Folgenden vier Abtheilungen unterschieden; die meteorologischen Untersuchungen und jene über die Gletscher sind von HERMANN SCHLAGINTWEIT, die geologischen und pflanzengeographischen von ADOLPH SCHLAGINTWEIT. Bei Cap. III, VIII und XVII sind jedoch Beobachtung und Bearbeitung von uns beiden gemeinschaftlich. Cap. I, XI, XVII, theilweise auch XV, haben wir bereits in POGGENDORFF's Annalen der Physik und Chemie mitgetheilt. — Durch mehrere der beigefügten Tafeln und Holzschnitte suchten

wir verschiedene topographische Verhältnisse darzustellen; die Zeichnungen wurden von uns selbst nach der Natur entworfen.

Manche Unvollständigkeit in den folgenden Beobachtungen dürfte wohl durch die Ausdehnung des Gebirges und die Grösse der Höhendifferenzen theilweise entschuldigt werden. Bei vielen Erscheinungen ist es ferner wegen des Zusammenwirkens verschiedenartiger Ursachen sehr schwierig, die wesentlichen derselben zu trennen und ihren Einfluss näher zu begrenzen; es sei uns erlaubt, auch dieses hier zu erwähnen, und damit die Hoffnung auf eine nachsichtige Beurtheilung unserer Untersuchungen zu verbinden.

MÜNCHEN, im August 1850.

I N H A L T.

I. UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE GLETSCHER.

CAP. I.

Physicalische Eigenschaften des Eises.

	Seite
<i>Die Formen des zerfallenden Eises.</i> Körnerstructur an Gletscher- und Wassereis. Gypsmodelle. Haarspalten. Versuch einer Erklärung. Einfluss der Luftblasen. Vergrösserung der Gletscherkörner. Löffelförmige Erosionsflächen. Unebenheiten der Oberfläche. Letzte Reste des Wassereises.	4
<i>Vertheilung der Canäle im Inneren.</i> Tiefe der Körnerbildung. Einzelne Canäle und Haarspalten. Infiltrationsversuche im weissen und blauen Eise; in wassererfüllten Spalten. Nächtliches Verschwinden der blauen Bänder. Infiltration in einer künstlichen Höhle; an verschiedenen Sectionen des Gletschers	12
<i>Luftblasen.</i> Betheiligung an der Contour der Oberfläche. Quantität der Luft im Eise. Analyse der austretenden und der absorbirten Luft	16
<i>Farbe des Eises.</i> Tabelle der cyanometrischen Bestimmungen	21
<i>Cohäsion des Eises</i>	23

CAP. II.

Die Firnregionen.

<i>Schnee und Firn.</i> Grösse der angehäuften Massen. Structur. Hoch- und Tief-Firn. Körnerschnee. Hocheis. Consistenzveränderung mit dem Temperaturwechsel. Schmelzbarkeit des alten und neuen Schnees	26
<i>Lawinen.</i> Staublawinen. Rolllawinen. Rädchen, Streifung der Firnmeere	31
<i>Characteristik der Firnmeere.</i> Einförmigkeit. Begrenzung nach oben. Eisrinnen, Spalten und Höhlen. Schichtung des Firnes. Verwerfung in eingestürzten Höhlen. Schneegänge	35
<i>Uebergang von Firn in Eis.</i> Einfluss der Form, der Wasserdichtigkeit der Unterlage. Gletscher auf Kalk. Versuch über die Wirkung des Druckes	41

CAP. III.

Topographie der Gletscher.

<i>Gegenstände der beiden Gletscherkarten.</i> Instrumente. Verbreitung der Gletscher im Allgemeinen .	48
<i>Numerische Elemente der Karten.</i>	
A. Pasterze. I. Querdimensionen. II. Längendimensionen. III. Nivellement. IV. Neigung. V. Profile	53
B. Gletscher des Oetzthales. I. Quer- und Längendimensionen. II. Weg über den Vernagt.	58
<i>Character und äussere Formen der Gletscher</i>	64
<i>Zuflüsse und Moränen.</i> Einfache und zusammengesetzte Gletscher. Entstehung der (Stein-) Moränen. Entstehung der Firnmoränen. Zusammensetzung der Pasterze	66

CAP. IV.

Structur.

<i>Die blauen Bänder.</i> 4. Richtung vom Absturze bis zum Hohen Sattel. 2. Linie A. 3. Linie B. 4. Linie C.	77
<i>Die Ogiven.</i> Vertheilung und Form auf einzelnen Zuflüssen. Ihre regelmässigste Form auf einem einfachen Gletscher. Allmähliche Vereinigung der Ogiven der einzelnen Zuflüsse	83
<i>Verbreitung der Bänder im Innern.</i> Firnschichten. Structur des Gletschers unabhängig von ihnen. Lage der Bänder an Quer- und Längendurchschnitten. Bänder am Wassereise. Structur an dem Ausgange des Gletschers. Schmutzbänder und Schmutzlagen. Faltungen der Bänder	87
<i>Bildung und Vertheilung der Spalten.</i> Unterschied in der Entstehung der Spalten und der Bänder. Querspalten. Randspalten. Längenspalten. Schliessen der Spalten. Gräben. Cylindrische Oeffnungen als Reste der Spalten. Mühlen	95

CAP. V.

Bewegung.

<i>Methode der Beobachtung</i>	102
<i>Tabellarische Zusammenstellung der beobachteten Schnelligkeiten.</i> I. Pasterze. II. Hintereis. III. Vernagt	104
<i>Veränderung der Geschwindigkeit.</i> Einfluss der Temperatur und der Witterung im allgemeinen. Relative Schnelligkeiten an einer Querlinie und an der Längsnachse. Seitliche Bewegung. Jährliche Bewegung. Bewegung von secundären Gletschern und von Firnmassen	110
<i>Ursachen der Bewegung.</i> Theorie des Gleitens. Infiltrationstheorie. Plasticität. Verschiebbarkeit des Eises in grossen Massen	121

CAP. VI.

Oscillationen.

<i>Einfluss der Temperatur.</i> Beobachtungen im Oetzthale: Marcellgletscher, Hintereis, Vernagt. Beobachtungen an der Pasterze. Zusammenstellung der Oscillationen mehrerer kleinen Gletscher	125
<i>Einwirkung der Schutthanhäufungen.</i> Aargletscher. Die Perioden des Leitergletschers	133
<i>Einfluss der Unterlage.</i> Die Oscillationen des Vernagt	137
<i>Historische Daten über das Vorrücken einiger Gletscher</i>	144

CAP. VII.

Substanzverlust der Gletscher.

<i>Verbreitung und Menge des Wassers.</i> Abschmelzen an warmen Tagen. Vertheilung der Wasser im Innern des Gletschers. Wasserstuben. Menge des ausströmenden Wassers	147
<i>Gletscherthore.</i> Verschiedene Formen derselben. Wirkung der Gegenöffnungen	149
<i>Einfluss der Bedeckung auf das Abschmelzen.</i> Erhöhung der Moränen. Tische und Kegel. Einsinken kleiner Körper. Mittagslöcher. Kämme. Pilze. Mangel der Tische am Wassereise. Firntische unter Eisblöcken und organischen Massen	151
<i>Messung der Abtragung.</i> Beobachtungen an der Pasterze. Vertheilung auf die einzelnen Jahreszeiten	155
<i>Ersatz der Abtragung.</i> Specifiche Neigung. Zusammendrängen und Anhäufen der Gletschermassen an einzelnen Punkten	157

II. GEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN.

CAP. VIII.

Hypsometrische Bestimmungen.

<i>Methode der Bestimmung.</i> Instrumente. Stationen der correspondirenden Beobachtungen. Höhenbestimmung des Grossglockners. Erläuterung der Spalten. Quellenangabe der verglichenen früheren Bestimmungen. Gruppierung der Beobachtungsorte	163
<i>Tabellen der Höhenbestimmungen.</i> I. Nördliche Kalkalpen. II. Centralalpen. Tauern. III. Centralalpen. Oetzthaler Gruppe. IV. Pässe zwischen dem Eisack- und Oetzthale. V. Südliche Abfälle	172
<i>Anhang.</i> Ueber einige Bergspitzen dieser Gruppen	192
<i>Bemerkungen über die wichtigsten Erhebungen der Alpen</i>	195

CAP. IX.

Ueber die Thalbildung und die Formen der Gebirgszüge in den Alpen.

Verschiedene Ansichten über die Thalbildung im allgemeinen	198
<i>Muldenformen in den Hochalpen.</i> Ihre Bedeutung für die gesammte Thalbildung	199
<i>Querthäler.</i> Das Oetzthal; Möllthal; Fusch-; Gasteiner-Thal	201
<i>Längenthäler.</i> Drau- und Rienzthal. Allgemeiner Character. Verengungen »Klausen«; Thore oder Pforten	208
<i>Secundäre Querthäler.</i> Kleinere Mulden und Einsenkungen an den Abhängen der Kämme	213
<i>Thäler der Kalkalpen.</i> Isarthal	214
<i>Formen der Gebirgszüge.</i> Regelmässigkeit der Erhebung. Zusammenhang mit der Höhe der Thalsohlen. Verhältniss der mittleren Kamm- und Gipfelhöhen. Masse der Alpen. Berge und Gipfel	215
<i>Ursachen der gegenwärtigen Formen der Thäler und Gebirgszüge</i>	219

CAP. X.

Beobachtungen über die geognostische Zusammensetzung der Oetzthaler-Gruppe und der Tauern.

<i>Das Oetzthal.</i> Abänderungen der krystallinischen Schiefer in den inneren Theilen desselben. Isolirte Kalkmassen	222
<i>Die Tauern in dem oberen Möllgebiete.</i> Allgemeine Uebersicht der Formationen. Characteristik der Felsarten. Verbreitung derselben. Rutschflächen auf der Rachen. Chloritschiefer. Verhältniss dieser Gesteine zu der gesammten Tauernkette	228

CAP. XI.

Ueber die Bildung und Temperatur der Quellen und die Isothermen der Alpen.

<i>Entstehung der Quellen.</i> Abhängigkeit derselben von der Schichtenstellung, von der Terrassenbildung und den äusseren Formen des Gebirges und von dem Auftreten kleiner Thäler und Mulden . . .	235
<i>Eigenthümliche Erscheinungen in Kalkgebirgen.</i> Zerklüftung und Porosität des Kalkes. Wassermasse.	240
<i>Höhengrenzen der Quellen</i>	242
<i>Methode der Temperaturbestimmung und Gruppierung der Beobachtungen</i>	244
<i>Abnahme der Bodentemperatur mit der Höhe.</i> Centralalpen — Tauern. Temperatur in der Nähe der Baumgrenze. Höchste Quellen. Vergleich derselben mit den Beobachtungen in hohen Breiten. Mittel von tausend zu tausend Fuss. Nördliche Kalkalpen. Centralalpen — Umgebungen des Jaufen und Timbels. Südliche Abfälle	248

	Seite
<i>Vertheilung der Bodentemperatur in verschiedenen Alpengruppen. Tabellarische Uebersicht. Einfluss der mittleren Erhebung auf die Modificationen der Temperatur. Vergleich mit einigen Grenzen der Vegetation.</i>	260
<i>Erläuterungen zur Isogeothermentafel. Elemente der Curven</i>	265
<i>Zusammenstellung der Beobachtungen</i>	269

CAP. XII.

Die Veränderungen der Oberfläche durch Erosion und Verwitterung.**A. Hydrographie der Hochalpen.**

<i>Masse und jährliche Vertheilung des Wassers. Bestimmungen der Wassermengen an Gletscher- ausflüssen. Einfluss der Alpen auf den Wasserreichthum. Pegelhöhen. Rhein und Elbe ver- glichen mit den Gletscherbächen der Hochalpen</i>	274
<i>Temperaturen des Wassers. Vertheilung der Temperatur in Alpenseen. Temperaturverhältnisse klei- nerer Wasseransammlungen. Schnelle Erwärmung des Quellwassers. Kleine Bäche. Flüsse. Zunahme ihrer Temperatur mit dem längeren Laufe. Tabellen unserer Beobachtungen; und Erläuterungen.</i>	279
<i>Geschwindigkeit des fließenden Wassers. Methode der Bestimmung. Unregelmässigkeit des Flussbettes in den Alpenbächen. Gefälle. Tabelle der Schnelligkeiten</i>	290
<i>Suspensionen und Auflösungen. Grosse Menge der ersteren in den Gletscherbächen und allen Alpen- flüssen. Bestimmung der Auflösungen in einigen Bächen und Quellen. Quantitative Untersuchung der fixen Bestandtheile</i>	296

B. Erosion.

<i>Die stetigen Wirkungen der Flüsse. Grosse Erosionen in den »Klammern« der Thalengen. Verhältniss derselben zu der Thalbildung im allgemeinen</i>	298
<i>Plötzliche Entleerung grösserer Wassermassen. Häufigkeit derselben in den Alpenthälern. Gletscher- seen. Der Vernagtsee; Dimensionen desselben; Gang der Fluth im Jahre 1848; Einfluss der Thalbecken auf den Lauf und die Wirkungen der Wassermassen. — Das Bagnethal. Der Pas- seirer-Wildsee</i>	301

C. Verwitterung.

<i>Erdbildung. Mechanische Zertrümmerung und chemische Zersetzung des Gesteines. Abhängigkeit der Zusammensetzung der Erde von den geognostischen Formationen. Bestimmung des Humus- gehaltes in verschiedenen Höhen. Einfluss der Vegetation auf die Bildung der Erde und auf ihr Festhalten an steilen Abhängen</i>	307
<i>Einfluss der Gletscher auf die Zertrümmerung des Gesteines. Bildung von Sand durch Abreiben der Felsen. Transport der Geschiebe</i>	312
<i>Erdstürze und Bergfälle</i>	313

III. METEOROLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN.

CAP. XIII.

Vertheilung der Temperatur.

Mittlere Temperatur des Jahres.

<i>Material der Untersuchung</i>	319
<i>Zusammenstellung der meteorologischen Beobachtungen in den Alpen</i>	322
A. Orte der Beobachtung. I. Stationen für das Jahr 184 ⁸ / ₉ . II. Stationen mehr- jähriger Beobachtungen nach Dove. III. Stationen mehrjähriger Beobachtungen nach SCHOUW	323
B. Temperaturtafeln. I. Oestliche Alpen. II. Nördliche Kalkalpen. III. Centralalpen. IV. Westrand der Alpen. V. Südrand der Alpen	326
<i>Bedingungen der Wärmeabnahme mit der Höhe.</i> Grössere Erwärmung der tieferen Punkte; directe Erkältung der höheren. Störungen. Ursachen, welche die Isothermen im allgemeinen verändern können. Einflüsse mit positivem und negativem Vorzeichen nach Alex. v. HUMBOLDT. Einfluss der geographischen Breite	331
<i>Temperaturabnahme zwischen 0 und 3000 Pariser Fuss.</i> Grosse Störungen in diesen Gruppen. Grös- sere Kälte nach Osten	334
<i>Temperaturabnahme für Höhen über 3000 Pariser Fuss.</i> Störungen an Abhängen. Einfluss der Mas- senhaftigkeit des Gebirges auf die Lage der raschesten Abnahme. Aufsteigende Luftströme . .	336
<i>Mittlere Erhebung für 1° C. Abnahme.</i> Sie beträgt 540 P. F. Bedeutung dieses Werthes. Schnellere Abnahme aus dem Mittel für die ganze Höhe der Alpen. Zusammenstellungen der beobach- teten Abnahmen aus den Alpen und anderen Orten	339
<i>Höhenisothermen.</i> Anlage des Profiles in Taf. VIII. Elemente der Curven. Zusammenstellung der wichtigsten Modificationen der Temperaturabnahme. Tabelle der Höhenisothermen	344

Mittlere Temperatur der Monate.

<i>Extreme der Monatsmittel.</i> Einfluss der absoluten Höhe und der örtlichen Verhältnisse (Lage auf Gipfeln und Abhängen oder in Thalbecken und Ebenen)	346
<i>Zusammenstellung der Monatsisothermen.</i> A. Mittlere Temperaturabnahme. B. Absolute Höhe der Monatsisothermen. C. Temperaturdifferenzen nach der örtlichen Lage	353
<i>Monatliche Veränderungen der Temperatur nach der Höhe.</i> Abnahme in verschiedenen Monaten. Ein- fluss der monatlichen Schneegrenze	357
<i>Einfluss der Bodengestaltung.</i> Extremes Clima in Thalbecken, herbeigeführt durch die Anhäufung kalter Luft im Winter und die grössere Insolation im Sommer	364

Täglicher Gang der Temperatur.

<i>Stündliche Veränderungen.</i> Secundäre Veränderungen der Wendepuncte durch Beschattung. Täglicher Gang: am Col du Géant, in Chamouni und Genf, auf der Johannishütte, in Heiligenblut und Lienz. Relative Depression der Nachttemperatur in grösseren Höhen	363
<i>Einfluss von Eis- und Schneemassen.</i> Gletscherwind. Locale Depression in der Nähe der Schneegrenze	366
<i>Absolute Extreme einzelner Tage</i>	370

<i>Vergleich der Alpen mit höheren Breiten</i>	375
--	-----

CAP. XIV.

Ueber den atmosphärischen Druck und die Winde.

A. Luftdruck.

<i>Beschreibung der Instrumente.</i> Barometer. Hypsometer	381
<i>Gang des Barometers.</i> Veränderung der Grösse der Oscillationen. Locales Verschwinden des Mini- mums am Tage. Jährlicher Gang. Druck der trockenen Luft	385

B. Winde.

Locale Luftströmungen in den Gebirgen als Folge ungleicher Erwärmung. Morgen- und Abendwinde. Strömungen in den Gletscherthoren. Einfluss der Alpen im allgemeinen auf die Windesrichtung. Reflectirte Winde. Schnelligkeit	393
---	-----

CAP. XV.**Atmosphärische Feuchtigkeit.**

<i>Dampfgehalt der Atmosphäre.</i> Instrumente: Psychrometer und Roseometer. Absolute Dampfmenge. Ihre tägliche Veränderung in verschiedenen Höhen. Relative Feuchtigkeit auf hohen Bergen und an der Oberfläche der Gletscher. Beobachtungen der grössten Trockenheit. Vertheilung der Feuchtigkeit in den einzelnen Monaten, am Nord- und Südrande der Alpen	398
<i>Thau- und Wolkenbildung.</i> Allgemeine Ursachen der Condensation. Regelmässiges Thauen auf der Gletscheroberfläche. Gletscherblumen. Reifbildung in der Nähe des 11. Mai. Bergschatten in freier Atmosphäre durch sehr feine Nebel. Beobachtung über die Höhe und Grösse einiger Wolkenformen. Parasytische Wolken. Lebhaftes Uebergänge der Formen. Höchste Wolken nach Alex. v. HUMBOLDT	407
<i>Regenverhältnisse.</i> Einfluss der Gebirge auf die Vermehrung der Regenmenge. Tabelle der ombrometrischen Beobachtungen in den Alpen. Mechanische Einwirkung hoher Kämme auf die Mischung der Luftmassen und die Grösse der Niederschläge. Einfluss der relativen Höhe des Ombrometers über dem Boden. Vertheilung der Regenmenge nach der Höhe. Die Beobachtungen am Haller Salzberge. Rasche Zunahme der Schneefälle an den höheren Stationen	414

CAP. XVI.**Optische Erscheinungen der Atmosphäre.**

<i>Transmission der Wärme.</i> Pyrheliometer. Differenz des besonnten und beschatteten Thermometers. Thermometer mit geschwärzter Kugel. Saussure's Heliothermometer. Nächtliche Ausstrahlung	426
<i>Durchsichtigkeit.</i> Absorption des Lichtes im allgemeinen. Diaphanometer. Durchsichtigkeit der Atmosphäre in grösseren Massen. Optische Täuschungen durch veränderte Durchsichtigkeit	435
<i>Farbe der Atmosphäre.</i> Verschiedene Cyanometer. Veränderungen der Intensität des Blau mit der Höhe. Bestimmungen mit dem dreifarbigem Cyanometer. Wolkenfarben	444

CAP. XVII.**Kohlensäuregehalt der Atmosphäre.**

<i>Bemerkungen über Sauerstoff- und Stickstoffgehalt</i>	455
<i>Construction des Anthracometers</i>	456
<i>Lage der Beobachtungspuncte.</i> Schwankungen der Kohlensäure an verschiedenen Tagen u. s. w. Meteorologische Beobachtungen	458
<i>Anthracometrische Versuche.</i> Tabelle des absoluten und relativen Gehalts an Kohlensäure. Regelmässige Zunahme derselben mit der Höhe. Anomalien in Thalstationen. Verminderung in der unmittelbaren Gletscheratmosphäre. Einfluss des aufsteigenden Luftstromes auf die Mischung der Atmosphäre	464
<i>Anhang.</i> Literatur der Originalarbeiten	466

IV. PFLANZENGEOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN.

CAP. XVIII.

Die Grenzen der Vegetation nach der Höhe.

<i>Methode der Untersuchung. Vergleichbarkeit der Beobachtungen unter sich. Höhengrenzen bei kleineren Pflanzen; bei grösseren Bäumen und Sträuchern. Vorsichtsmassregeln bei der Bestimmung derselben. Inhalt und Anlage der Tabellen</i>	469	
<i>Litteratur</i>	472	
<i>Tabellarische Zusammenstellung und Erläuterungen</i>		
A. Speciellere Beobachtungen. I. Beobachtungen in den nördlichen Kalkalpen. II. Oestliche Centralalpen. III. Niedere Gebirgszüge an dem Rande der Centralalpen	476	
B. Uebersicht der vorzüglichsten Vegetationsgrenzen in verschiedenen Alpengruppen	498	
<i>Zusammenhang der Vegetationsgrenzen mit climatischen Verhältnissen und mit der Bodengestaltung.</i>		
Einfluss der geographischen Lage. Wirkung der Massenhaftigkeit und mittleren Erhebung verschiedener Alpengruppen. Einfluss der Exposition; kleinere Störungen. Näherer Vergleich der Vegetationsgrenzen mit den climatischen Veränderungen. Verhältniss der Pflanzengrenzen zu den Jahresisothermen und zu der monatlichen Vertheilung der Temperatur, Bodentemperatur. Atmosphärische Feuchtigkeit u. s. w.	502	
<i>Betrachtung der wichtigsten Vegetationsabstufungen. Verbreitung der Wallnuss und der Laubbäume. Cerealien und menschliche Wohnungen. Coniferen; Störungen durch die Nähe grösserer Gletschermassen. Strauchregion. Schneelinie. Höchster Stand derselben im Sommer; monatliche Veränderungen. Letzte Pflanzen</i>		511
<i>Höchste Grenzen der Thiere</i>	518	
<i>Regioneneintheilung</i>	521	

CAP. XIX.

Die periodischen Erscheinungen der Vegetation.

<i>Methode der Beobachtung.</i> Material der Untersuchung, beobachtete Erscheinungen	524
<i>Verzögerung der Vegetationsentwicklung mit der Höhe.</i> Mittlerer Eintritt der Vegetationsepochen von tausend zu tausend Fuss. Erwachen der Vegetation; extreme Schneefälle. Zeit zwischen der Blüthe und Fruchtreife einiger Pflanzen; zwischen der Saatzeit und Ernte des Wintergetreides. Heuernte. Mittlere Verzögerung der Vegetation. Vergleich mit den Resultaten anderer Beobachter.	528
<i>Einfluss climatischer Verhältnisse.</i> Temperatur der Luft im Schatten und in der Sonne; Unterschiede in extremen und constanten Climates; Insolation und Intensität des Lichtreizes; Antheil der Pflanzen an der Temperatur der tieferen und oberen Bodenschichten. Feuchtigkeit und locale Einflüsse. Betrachtung der Temperatur, bei welcher ein bestimmtes Phänomen in verschiedenen Höhen eintritt. Wärme während der ganzen Vegetationszeit einer Pflanze.	540
<i>Beobachtungen an einzelnen Stationen</i>	549
<i>Bemerkungen über das Gedeihen der Cerealien in grösseren Höhen</i>	556

CAP. XX.

Einfluss der Höhe auf die Dicke der Jahresringe bei den Coniferen.

<i>Einleitende Bemerkungen.</i> Hohes Alter mancher Bäume. Gegenstand unserer Untersuchungen. Frühere Arbeiten. Methode der Beobachtung	561
<i>Die Lerche, Pinus Larix.</i> Mittlere Dicke der Ringe im allgemeinen. Einfluss des Clima's und des Bodens. Wachsthum von 10 zu 10, von 20 zu 20 und von 50 zu 50 Jahren. Schwankungen des Wachsthumes. Mittlere Extreme für je 10 Jahre. Absolute Maxima einiger Stämme	565

<i>Die Rothtanne, Fichte; Pinus Abies.</i> Verminderung der mittleren Dicke der Jahresringe mit der Höhe. Gang des Wachsthumes in kürzeren Perioden	Seite 575
<i>Die Zirbel, Arve; Pinus Cembra</i>	578
<i>Dicke der Jahresringe bei kleineren Sträuchern</i>	580

CAP. XXI.

Ueber die Vegetationsverhältnisse des oberen Möllgebietes.

<i>Phanerogamen.</i> Verzeichniss der Arten in der subnivalen und in der nivalen Region. Die letzten Phanerogamen. Verhältnisse der Familien zur Summe aller Arten	584
<i>Laubmoose,</i> aus der nivalen und aus der subnivalen Region	590
<i>Höchste Flechten</i>	593

VERZEICHNISS DER TAFELN UND KARTEN.

<i>Taf. I.</i> Vergleichende Uebersicht charakteristischer Formen an Gletscher- und Wassereis	24
<i>Taf. II.</i> Der Pasterzengletscher	52
<i>Taf. III.</i> Der Stock- und Marcellgletscher	76
<i>Taf. IV.</i> Das Ende des Hintereisgletschers	160
<i>Taf. VI.</i> Uebersicht des Venterthales	204
<i>Taf. VII.</i> Der Kamm des Grossglockners	218
<i>Taf. V.</i> Die Isothermen der Alpen	268
<i>Taf. VIII.</i> Die Höhenisothermen der Alpen. Mittlere Temperatur des Jahres	345
<i>Taf. IX.</i> Monatliche Veränderungen der Höhenisothermen	362
<i>Taf. X.</i> Instrumente	454
<i>Taf. XI.</i> Zusammenstellung verschiedener Curven	466

Karte des Pasterzengletschers.

Karte der Gletschergruppen des Oetzthales.

I.

Untersuchungen über die Gletscher.

CAP. I.

Physicalische Eigenschaften des Eises.

Einleitung. Die Formen des zerfallenden Eises. Körnerstructur an Gletscher- und Wassereis. Gypsmodelle. Haarspalten. Versuch einer Erklärung. Einfluss der Luftblasen. Vergrösserung der Gletscherkörner. Löffelförmige Erosionsflächen. Unebenheiten der Oberfläche. Letzte Reste des Wassereises. Vertheilung der Canäle im Innern. Tiefe der Körnerbildung. Einzelne Canäle und Haarspalten. Infiltrationsversuche im weissen und blauen Eise; in wassererfüllten Spalten. Nächtliches Verschwinden der blauen Bänder. Infiltration in einer künstlichen Höhle, in verschiedenen Sectionen des Gletschers. Luftblasen. Beteiligung an der Contour der Oberfläche. Quantität der Luft im Eise. Analyse der austretenden und der absorbirten Luft. Farbe des Eises. Tabelle der cyanometrischen Bestimmungen. Cohäsion des Eises. Resultate.

Die grossen Firn- und Eismassen, welche wir als Gletscher in den Hochregionen der Alpen finden, können in doppelter Beziehung der Gegenstand physicalischer Untersuchungen sein, indem wir entweder die Eigenschaften des Eises und die damit verbundenen Probleme der Structur und Bewegung, oder den Zusammenhang der Gletscher mit climatischen Verhältnissen im allgemeinen betrachten.

Das letztere wird uns im meteorologischen Theile unserer Untersuchungen mehrere Male beschäftigen.

Nachdem vorzüglich durch SAUSSURE die Phänomene der Gletscher eine wissenschaftliche Behandlung erfahren hatten, wurde in neuerer Zeit eine Reihe ausgedehnterer Beobachtungen angestellt, welche uns bald einen unerwarteten Reichthum mannigfaltiger Erscheinungen vorführte. Wir dürfen dem Studium derselben wohl ein ganz allgemeines Interesse beilegen; es kann als ein Beitrag zur Monographie des Eises betrachtet werden, indem es uns mit den Eigenschaften dieses verbreiteten Körpers in grossen und kleinen Massen und unter den verschiedensten äusseren Umständen bekannt macht ¹⁾.

1) Wir theilen hier die grösseren Arbeiten in chronologischer Ordnung mit.

SIMMLER, *Valesiae et Alpium descriptio*. Lugd. Bat. 1632.

SCHEUCHZER, *Itinera alpina*. Lugd. Bat.

GRÜNER, die Eisgebirge des Schweizerlandes. Bern 1760. 3 Bde. 8°.

(diese drei sind ältere topographische Werke) -

SAUSSURE, *Voyages dans les Alpes*. Neuchâtel 1779—1796. 4 Bde. 4°.

HUGI, naturhistorische Alpenreisen. 1830. 8°.

Die Formen des zerfallenden Eises.

An allen der Atmosphäre ausgesetzten Theilen zerfällt das Gletschereis in einzelne Körner. Trennen wir ein grösseres Stück Eis aus dem Gletscher nahe der Oberfläche, so wird es uns leicht, dasselbe in einzelne Theile zu zerlegen, die sich sogleich an ihren abgerundeten Flächen als Individuen, sehr verschieden von Bruchstücken, erkennen lassen.

Diese Körner hängen ohne alles Bindemittel lose zusammen; sie sind durch kleine Zwischenräume getrennt, die bald mit Luft, bald mit Wasser erfüllt sind, wobei ihre Unebenheiten gelenkartig in einander eingreifen. Sie zeigen daher immer eine gewisse Verschiebbarkeit. Die Spitze eines Stockes in die Oberfläche eingedrückt lässt sich dort leicht bewegen; zugleich ist dabei ein eigenthümliches Knarren des Eises hörbar. Ihre Grösse ist sehr wechselnd. In den oberen Gletschertheilen, in der Nähe der Firnmeere, sind sie am kleinsten; ihr Volumen beträgt dort selten mehr als einen Cubikcentimeter. Ein Beispiel dafür ist *a* der Figur 4; die Körner sind von jener Stelle, wo die Pasterze

Fig. 1.

Gletscherkörner; *a*. Pasterze; *b* und *c*. Vernagt. $\frac{1}{2}$ nat. Grösse.

als Gletscher zuerst vom Firne sich unterscheiden lässt. Je weiter wir aber dem Ende des Gletschers uns nähern, desto grösser werden sie. Die bedeutendsten, die uns vorkamen, beobachteten wir am See der Pasterze und an jenen losgerissenen Eisblöcken, welche der Ausbruch eines Gletschersees im Oetzthale mehr als eine halbe Meile von ihrem früheren Standorte entfernt hatte. Auf diese beiden Punkte beziehen sich die Körner *b* und *c* der vorhergehenden Figur. Der körperliche Inhalt dieser war im Maximum 6 bis 8 Cubikcentimeter ¹⁾.

AGASSIZ, *Etudes sur les glaciers*. Neuchâtel 1840. 8°. Uebersetzt unter dem Titel: Untersuchungen über die Gletscher.

CHARPENTIER, *Essai sur les glaciers et le terrain erratique de la vallée du Rhône* 1841. 8°.

HUGI, über das Wesen der Gletscher und Winterreise in das Eismeer 1842. 8°.

FORBES, *Travels through the Alps of Savoy and other parts of the pennine chain with observations on the phenomena of glaciers*. Edinb. 1843. 8°. Uebersetzt von G. Leonhard. Second édition 1845.

AGASSIZ, GUYOT et DESOR, *Système glaciaire ou recherches sur les glaciers, leur mécanisme, leur ancienne extension et le rôle qu'ils ont joué dans l'histoire de la terre. 1^{re} partie: Nouvelles études et expériences sur les glaciers actuels et leur action physique sur le sol par Louis Agassiz*. Paris 1847. 8°.

Ein ausführliches Verzeichniss aller einzelnen Abhandlungen findet sich AGASSIZ Syst. p. XIII—XXXI.

1) Diese Grössen wurden dadurch bestimmt dass die unmittelbaren Gypsmodelle derselben (siehe unten Seite 3.) in wassergefüllte calibrierte Röhren gebracht wurden, und so das verdrängte Wasser unmittelbar abgelesen werden konnte.

Diese Körnerstructur ist zwar nirgends deutlicher als an Gletschern, dort wurde sie auch zuerst erkannt; allein wir glauben ganz sicher gefunden zu haben, dass sie auch an jedem anderen Eise unter günstigen Umständen auftritt. Wir wissen wohl, dass diese Ansicht mit jener von anderen Beobachtern nicht übereinstimmt, welche eine absolute Verschiedenheit zwischen Gletscher- und Wassereis annehmen¹⁾. Allein schon 1829 haben Alexander von HUMBOLDT und Gustav ROSE auf ihrer Reise nach Russland ähnliche Formen bemerkt²⁾. Auch SCHMIDT in Jena³⁾ beobachtete die Absonderung des Eises in stängliche Fragmente, während Alexander PETZOLD⁴⁾ nach eigenen Versuchen in Gittersee bei Dresden auf die Analogie der Formen des Gletscher- und Wassereises zuerst hingewiesen hat.

Für uns war vor allem ein ausführliches Vergleichen nothwendig. Wir benutzten zum Studium dieser Formen zwei stehende Gewässer in der Nähe von München: die Canäle in Nymphenburg und den künstlich angelegten See des englischen Gartens. Wir mussten sogleich die grossen Schwierigkeiten kennen lernen, welche sich uns entgegenstellten, wenn wir die Formen und Structurverhältnisse des Gletscher- und Wassereises vergleichen wollten. Die blosse Anschauung kann nicht genügen, besonders wenn sie abhängig von den einzelnen Jahreszeiten durch so lange Zwischenräume getrennt ist; überdiess ist das Eis durch seine Durchsichtigkeit für das Erkennen feinerer Einzelheiten und durch sein stetes Schmelzen für eine andauernde Untersuchung und ausgeführte Zeichnung sehr ungeeignet.

Es musste uns daher sehr wichtig sein, naturgetreue und bleibende Copien solcher Formen zu erhalten, was wir durch folgende Methode zu erreichen suchten. Aus Wachs und Terpentin wurde eine sehr weiche, für die geringsten Eindrücke empfängliche Mischung zusammengesetzt, durch welche wir uns Abdrücke vom Eise verschafften. Um durch die etwa höhere Temperatur des Cerates nichts von den feineren Formen zu zerstören, gebrauchten wir die Vorsicht, dasselbe vorher durch Umgeben mit Schnee und Eis auf beinahe 0° abzukühlen. Von den so erhaltenen negativen Bildern wurde an Ort und Stelle ein Abguss aus feinem Gypse gemacht (Königsgyps⁵⁾), dessen Feinkörnigkeit für die Schärfe der Copien nichts zu wünschen übrig lässt.

Für Gletscherkörner und ähnliche Formen des Wassereises, bei denen mehr als eine Oberfläche zu erhalten war, unterstützte die Schmelzbarkeit des Originals die Genauigkeit des Abdruckes ungemein. Wir hüllten ein solches Stück rasch in das abgekühlte Wachs, welches fest angepresst wurde, und liessen es nun liegen bis sein Inhalt in Wasser verwandelt war. Durch dieselbe kleine Oeffnung, durch welche das Wasser entleert

1) Vergl. AGASS. Syst. S. 450 Anmerk.

2) G. ROSE mineralogisch geognostische Reise nach Russland etc. Bd. I. S. 43.

3) POGGENDORFFS Annalen 1842. Bd. 55. S. 472 — 476.

4) Beiträge zur Geognosie von Tyrol. Leipzig 1843.

5) Diese feine Sorte ist leider nur in grösseren Städten zu finden; wir waren daher gezwungen, jedesmal davon in die Alpen einen kleinen Vorrath mitzunehmen.

wurde, gossen wir den Gyps ein und vermieden so das unangenehme Aufschneiden der Patrone, was so leicht eine Verzerrung des Bildes zur Folge hat¹⁾. Wir erhielten nach und nach eine Reihe von 76 verschiedenen Eisformen, theils Gletscher- theils Wassereis, die nun, unmittelbar neben einander gehalten, die Beurtheilung ihrer charakteristischen Einzelheiten ungemein erleichterten. Wir wählten aus denselben jene Formen, welche wir für die am meisten charakteristischen hielten, und haben sie auf der Tafel I. vereinigt. Dieselben wurden absichtlich nach diesen Gypsen und nicht nach der Natur entworfen, weil sich so eine weit grössere Genauigkeit und Sorgfalt der Ausführung erreichen liess.

Die ersten Spaltenanlagen sehen wir dort an den verschiedenen Gegenständen dargestellt. No. 1 ist die Oberfläche eines Eisblockes der im Februar 1847 unter Schnee und kleinerem Eise gelegen hatte; No. 2 der Abdruck der Wand einer Gletscherspalte, nahe dem Firnmeere und No. 3 ist wieder Wassereis. Das letztere bildete einen leicht convexen Ueberzug von $1\frac{1}{2}$ Centimeter Dicke über einen Stein in der Höhle des Marcellgletschers. Es war durch die öftere Bepflügelung des Gletscherbaches entstanden. Ueberall erstreckten sich feine Risse von dem Netze der Oberfläche auch in die Tiefe; No. 3, das dünnste Stück zerfiel bei der Berührung in einzelne prismatische Fragmente. Diese Risse sind es, welche am Gletscher als Haarspalten bekannt sind; sie finden sich jedoch am Wassereise ebenso gut, die von ihnen eingeschlossenen Theile sind aber noch nicht das, was wir am Gletschereise Körner nennen wollen; die Haarspalten unterscheiden sich durch ihre geringe Weite sehr wesentlich von den Räumen, welche gewöhnlich die Gletscherkörner trennen. Da sie jedoch, wie wir sehen werden, den letzteren vor-hergehen und sie bedingen, so müssen wir schon jetzt ihre Entstehung betrachten.

Befindet sich Eis in einer Temperatur von 0° , und folgt darauf eine bedeutende Erniedrigung, so zieht es sich zusammen²⁾; und es ist für die folgenden Betrachtungen nicht unwichtig, dass diese Volumenveränderung grösser ist, als sie bei irgend einem anderen festen Körper beobachtet wurde.

Die lineare Ausdehnung beträgt für $1^{\circ} \text{ C} = 0,0000375 = \frac{1}{26700}$ ³⁾

1) Zur besseren Erhaltung wurden die Modelle mit heissem Stearin überzogen, und so lange erwärmt, bis dieser Ueberzug eingedrungen war. Sie wurden dadurch fester und erlaubten auch das Eintauchen in Wasser.

2) C. BRUNNER in POGGENDORFFS Annalen 1845. Bd. 64 S. 415. *Annales de chimie et de physique* t. XIV. S. 378 und STRUVE, *Bull. Acad. St. Petersb.* 1845. t. IV. S. 170. POGGENDORFFS Annalen 1845. Bd. 66. S. 298.

STRUVE fand die Ausdehnung des Eises noch grösser, nämlich $0,000052$ für 1° C .

3) Zur Vergleichung mögen folgende Ausdehnungskoeffizienten dienen:

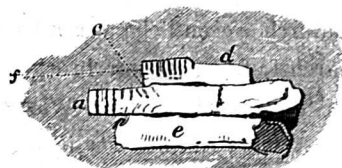
Zink gehämmert.....	$= 0,0000344 = \frac{1}{32200}$	SMEATON.
Blei.....	$= 0,0000288 = \frac{1}{34600}$	ELLICOT.
Kalkspath (nach der Hauptachse).....	$= 0,0000286 = \frac{1}{34900}$	MITSCHERLICH.
Zinn.....	$= 0,0000248 = \frac{1}{40700}$	SMEATON.
Silber.....	$= 0,0000208 = \frac{1}{48000}$	TROUGHTON.
Messing (gegossen).....	$= 0,0000488 = \frac{1}{53300}$	LAVOISIER.
Eisen.....	$= 0,0000449 = \frac{1}{83800}$	BERTHOLLET.
Glasstab.....	$= 0,0000081 = \frac{1}{123700}$	ROY.

(Nach Baumgartners Supplementband Seite 919 — 922.)

Bei einem langsamen Erkalten bleibt die Zusammenziehung allerdings gleichmässig; allein ist der Temperaturwechsel ein schnellerer, so wird das Eis bei einiger Dicke sich an allen Oberflächen rascher zusammenziehen als im Inneren und daher Risse erhalten, welche sich an der Oberfläche zu einem unregelmässigen Netze vereinen.

Als Unterstützung für die Annahme, dass die Haarspalten durch Temperaturdifferenzen entstehen, darf auch die Richtung derselben angeführt werden. Sie gehen nämlich jedesmal von jener Oberfläche, welche der Kälte ausgesetzt ist, rechtwinklig gegen das Innere, und zwar so regelmässig, dass sie, wenn die Form des Eises ein Cylinder ist, radienförmig gegen die Achse desselben convergiren, und denselben in keilförmige Stücke zerfallen machen. Um uns zu überzeugen, dass die Richtung der Spalten von der ursprünglichen Lage, in welcher das Eis sich bildete, ganz unabhängig ist, brachten wir eine Eisplatte in eine solche Stellung, dass ein Theil derselben *a* der Fig. 2, frei war, während ihr zweites Ende von anderem Eise umgeben wurde. Obgleich die Canäle im freien Theile ganz regelmässig verliefen, zeigten sie gegen *c* bedeutende Verkrümmungen, dadurch bedingt, dass die Kälte von den Platten *d* und *e* nicht so gut zugeführt wurde als von der Atmosphäre. Auch an den Ecken, wie bei der Platte *d*, sehen wir nicht selten Unregelmässigkeiten, in diesem Falle von dem Einflusse der Fläche *f* herrührend.

Fig. 2.

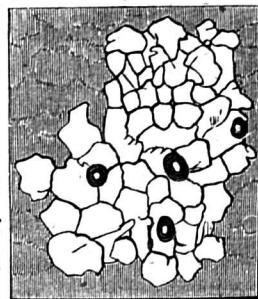


Stellung der Canäle in horizontalen Platten.

Bei grosser Kälte dürfen wir nach diesen Voraussetzungen erwarten, dass die Spalten häufiger sind, sich näher stehen, also an der Oberfläche ein engeres Netz bilden. Diess ist in der That der Fall, und dehnt sich so weit aus, dass unter solchen Umständen das Eis in kleinere Stücke zerfällt, als bei geringeren Extremen der Temperatur.

Man könnte vielleicht die Anlage des Spaltennetzes wenigstens an der Oberfläche nicht der Kälte, sondern gerade dem entgegengesetzten Umstande, dem Schmelzen in der Wärme zuschreiben, wenn man bedenkt, dass das zu untersuchende Eis nicht ein einziges Krystallindividuum ist, sondern aus vielen einzelnen besteht, wobei die grösseren vielleicht langsamer schmelzen als die kleineren. Es wäre dann diese Erscheinung jener nicht unähnlich, dass die Oberflächen von Metallplatten von Säuren nicht gleichmässig angegriffen werden, sondern mannigfache Vertiefungen und Erhöhungen erhalten. Allein dieser Ansicht widerspricht die Fortsetzung rechtwinkliger Risse in die Tiefe, die daraus nicht erklärt werden können, und die völlige Ordnungslosigkeit der Netze an der Oberfläche. Das letztere lässt sich am besten an den ersten Anfängen beurtheilen, wir theilen daher das kleinste Spaltennetz mit, welches wir zu beobachten Gelegenheit hatten. Es ist unter achtmaliger linearer Vergrösserung gesehen, und war an einem dicken Blocke von Wassereis entstanden. An demselben waren vor dem Versuche alle Oberflächen dadurch erneuert worden,

Fig. 3.



Erste Anlage des Spaltennetzes durch die Loupe gesehen.

dass wir ihn in einem Zimmer von $+ 16^{\circ}$ C. bedeutend abschmelzen liessen; er wurde dann während einer Nacht ins Freie gebracht, bei welcher die Temperatur auf $- 11^{\circ}$ C. sank; wir glauben nicht, dass sich in diesen Linien irgend eine Regelmässigkeit erkennen lässt, die auf Zusammenhang mit Krystallformen hindeutete. (Die runden, dunkel contourirten Körper waren eingeschlossene Luftblasen).

Bei einer Abhängigkeit von den letzteren liesse sich auch erwarten, dass Eis unter dem Microscope langsam schmelzend die Contour seiner Ränder ungleich veränderte, und einzelne Ecken oder Kanten sich bildeten; allein diess findet nicht statt, sondern das Abschmelzen ist auch bei starker Vergrösserung ein ganz gleichmässiges.

Wir betrachteten bisher das Eis als eine ganz gleichartige Masse, welche sich unter dem Einflusse der Kälte spaltete; allein diess können wir nur, so lange wir ihre Anlage nahe den Oberflächen betrachten. Bei dem weiteren Eindringen erleiden diese Spalten dadurch wesentliche Veränderungen, dass der Zusammenhang des Eises an vielen Stellen durch Luftblasen unterbrochen ist. Bei dem Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand wird die vom Wasser absorbirte Luft frei; die Trennung ist so vollkommen, dass selbst Eis aus vorsichtig und lange ausgekochtem Wasser noch immer einige Luftbläschen zeigt. Schon im gewöhnlichen Wassereise sind sie daher sehr zahlreich, noch mehr in jenem des Gletschers, welches aus Firnkörnern und infiltrirtem Wasser entstanden ist.

Diese Luftblasen wirken auf die Spalten in doppelter Beziehung modificirend ein. Sie bestimmen den Ort ihrer Entstehung und theilweise auch ihre Richtung, indem gerade an jenen Stellen die Zerklüftung am leichtesten eintritt, wo der gleichartige Zusammenhang der Massen unterbrochen ist. Analoge Fälle finden sich ausser dem Eise an allen Körpern, z. B. an gegossenen Metallen, die Luftblasen eingeschlossen haben, an Glas, Porcellan u. s. w. Es werden demnach bei fortgesetzter Zerklüftung vor allem die Blasen nach verschiedenen Richtungen unter sich verbunden, und diesem Umstande ist es vorzüglich zuzuschreiben, dass das Eis des Gletschers sich nicht nur in längliche, sondern auch fast cubische Stücke trennt.

Ein zweiter Einfluss der Luftblasen auf die Haarspalten besteht in der Veränderung ihrer Form. Sobald eine Haarspalte in eine Luftblase mündet, trifft sie an dieser Stelle eine bedeutende Erweiterung. Eindringendes Schmelzwasser und die gegenseitige Communication mehrerer Luftblasen durch Haarspalten machen, dass bald kleine «Canäle» entstehen, die in ihrer Form von den Haarspalten abweichen; sie nehmen vielmehr die Gestalt von vielen Kugeln an, die durch einen hohlen Cylinder zu einem gemeinschaftlichen, nicht vollkommen gleichartigen Ganzen verbunden sind. Am deutlichsten sieht man diess an No. 4 der Tafel I.

Es ist das vorliegende Stück der Durchschnitt einer Reihe solcher Canäle, wie wir sie am Wassereise an einer Stelle bemerkten; wo gerade viele derselben in einer Ebene lagen. Die letztere stand senkrecht auf der horizontalen Oberfläche der Eisdecke. Wenn solche Canäle durch Aussaugen des Wassers an einem ausgehauenen Stücke mit Luft er-

füllt werden, so erscheinen sie besonders bei jener Stellung des Eises sehr deutlich, in welcher eine totale Reflexion des Lichtes stattfindet. Gewöhnlich verschwinden sie unter der Einwirkung zu grosser Wärme beinahe unmittelbar nach ihrem Entstehen, und machen sich nur durch ihren Einfluss auf die Bildung der Canäle bemerkbar.

Wenn solche Canäle in geringer Entfernung sich befinden, so verschmelzen sie seitlich, und isoliren nach und nach einzelne Stücke-Eises. Dieses tritt vor allem am Gletscher ein, der so reich an Luftblasen ist, daher auch dort die Gletscherkörner so besonders deutlich entwickelt sind. Uebrigens liefert auch Wassereis ganz analoge Formen, wie uns die Vergleichung von No. 5 und 6 Taf. I zeigt. Die Canäle stehen dabei in einzelnen dichter Gruppen gesondert, anfangs bilden sie unregelmässig cylindrische Röhren, deren trennende Wände aber immer mehr verschmelzen und zuletzt nur noch dünne Kanten und Ecken übrig lassen, welche den Körnern eine rauhe Oberfläche ähnlich einer Feile geben. No. 6 Tafel I. ist von Wassereis; die feilenartige Rauheit der Oberfläche sehen wir besonders schön an No. 7.

Die Bildung von Rissen geht der Anlage von Canälen stets voraus und bedingt sie; allein das schöne, feine Spaltennetz der Oberfläche, wie wir es in den Abdrücken 1—3 Taf. I kennen lernten, wird nicht immer so deutlich sichtbar; die grösste Anhäufung der Spalten beschränkt sich zunächst auf die Oberfläche; wird diese Schicht durch Schmelzen entfernt, so bleiben zuletzt nur Canäle übrig, aus einzelnen in die Tiefe sich fortsetzenden Rissen entstanden. Diess ist die Ursache davon, dass wir in den einzelnen deutlich isolirten Gletscherkörnern nur selten Haarspalten bemerken; an Eise, welches vor Schmelzen weniger geschützt ist, treten nur die Canäle auf; ein Beispiel dafür sehen wir an No. 6. Tafel I¹).

Da grössere Canäle den Eintritt der Luft und die Erwärmung des Wassers etwas über 0° sehr erleichtern, so geschieht es, dass sie jetzt selbst theilweise zerstörend einwirken. Daher werden die Theile, die zwischen den Mündungen der Canäle liegen, stets ein wenig convex. An manchen Stellen des Gletschers verbindet sich mit der Kälte auch der Zug der Masse thalabwärts, um die Spaltenbildung an einzelnen Theilen besonders häufig zu machen; auch diese Gruppen von Spalten setzen sich mit Luftblasen in Verbindung und werden so zu Canälen, die das Eis in grossen Massen und in sehr bestimmten Richtungen durchziehen. Dabei ist die ursprünglich eingeschlossene Luft durch Wasser ersetzt; das Eis erhält dadurch an diesen Stellen eine weit grössere Durchsichtigkeit und erscheint blau gegenüber dem blasenreicheren, weissen. Wir werden uns mit diesen blauen Bändern noch in der Betrachtung der Structur des Gletschers ausführlicher zu beschäftigen haben.

Die Grösse der Fragmente, in welche das Wassereis zerfällt, ist hier wie am Glet-

1) Das Original wurde im März 1847 im Freien beobachtet; die Eismassen, die während des Sommers in Kellern aufbewahrt werden, zeigen ganz dasselbe.

scher sehr wechselnd. An Platten, welche dick genug sind, die ganze Reihenfolge der Erscheinungen zu zeigen, bemerken wir, dass die ersten prismatischen Körper, in die es zunächst der Oberfläche zerfällt, kleiner sind als die später entstehenden; ein Vorgang, der dem sehr ähnlich ist, dass die Gletscherkörner an den oberen Parthieen kleiner sind als nahe dem Gletscherende.

Für den Gletscher hat man die Erklärung der wechselnden Grösse auf verschiedene Weise versucht. Zuerst ging man von den Formen des Firnes aus, denn auch bei diesem bemerkt man, dass die Grösse seiner Körner mit dem Alter zunimmt. Dort wird die Vergrösserung dadurch herbeigeführt, dass durch die Befeuchtung des einzelnen Kornes mit dem Schmelzwasser concentrische Schichten um dasselbe sich ablagern. Man kann sich davon sehr deutlich an den Schneemassen überzeugen, die auch in den Ebenen an beschatteten Stellen sehr lange sich erhalten. Am schönsten fanden wir eine solche Bildung in einem grossen Gefässe voll Schnee, den wir in München im Freien, aber an der Nordseite eines Hauses vor directer Besonnung geschützt, im Jahre 1847 vom Januar bis Mitte März aufbewahren konnten; es wurde dabei nur die Vorsicht gebraucht, den Boden des Gefässes an mehreren Stellen zu durchlöchern; wir verschafften auf diese Weise dem zu reichlichen Schmelzwasser einen beständigen Abfluss. Da noch häufige Nachfröste eintraten, erlangten die Schneekörner eine Dicke von $\frac{1}{2}$ — 1 Millimeter.

Es war sehr natürlich, dass diese Vorgänge, welche man in der Natur vielfach beobachten kann, anfangs auch auf die Bildung der Gletscherkörner angewendet wurden. Allein schon eine theoretische Betrachtung aller Nebenumstände lässt die Unwahrscheinlichkeit dieses Vorganges erkennen. Denn würden sich diese concentrischen Eisschichten bilden, so müssten die Canäle in jeder Nacht sich schliessen, in welcher die Temperatur bedeutend unter 0° sinkt, was in diesen Höhen nicht selten ist. Allein gegen das Schliessen derselben selbst in der Nähe der Oberfläche sprechen die Infiltrationsversuche, welche wir später ausführlicher behandeln werden¹⁾.

Wir glauben, dass die Ursache des Grösserwerdens der Gletscherkörner dieselbe ist, welche auch das Wassereis nach und nach in grössere Fragmente zerfallen macht. Wesentlich ist dabei der Grad der Kälte und ihr Eindringen in das Innere. Am Wassereis sind deshalb die kleinsten Fragmente in der Nähe der Oberfläche und bei noch nicht starker Kälte bemerkbar; ins Innere setzen sich die Risse weit weniger zahlreich fort, daher treten auch dort die Canäle mehr vereinzelt auf, die Stücke werden grösser, wenn die erste Schicht entfernt ist. Am Gletscher ist die grösste Kälte an den höchsten Theilen, in der Nähe der Firnmeere, daher dort auch das kleinkörnigste Zerfallen. Das Eis bewegt sich zwar nach abwärts, und ein Stück, welches wir jetzt am Gletscherende in grosse Körner zerfallend beobachten, hat vor einer langen Periode ebenfalls unter der Firnlinie sich befunden; allein der Temperatur dieser Höhen war es damals

1) Hugi schreibt die Vergrösserung der Körner der Absorption von Gasen aus der Atmosphäre zu. Wesen der Gletscher. S. 9.

nicht ausgesetzt, da es wegen des grossen jährlichen Abschmelzens früher sich tief unter der Oberfläche befunden haben musste. Am Ende jedes Winters liesse sich demnach eine stärkere Zerklüftung in der Nähe der Oberfläche an jedem Theile des Gletschers erwarten; allein diese Schicht verschwindet bald; und was wir im Sommer beobachten, ist davon abhängig, wie tief die Intensität der Kälte ins Innere eingedrungen, wie dicht gedrängt die Risse sich noch einige Meter⁴⁾ unter der Oberfläche während des Winters verbreiteten. Es lässt sich erwarten, dass diess am Gletscher um so weniger der Fall war, je mehr wir uns seinen tiefer gelegenen Theilen, seinem Ende nähern; das Zerfallen in allmählich grössere Körner spricht ebenfalls entschieden dafür.

In günstigen Fällen haben wir sogar einen Beweis, der noch directer unsere Voraussetzung unterstützt. Es geschieht nicht selten, dass von secundären Gletschern, die nahe einem Felsenabhange sich befinden, Stücke abbrechen und auf einen tiefer gelegenen primären Gletscher hinabfallen. Es werden dabei die innersten, ganz compacten Eismassen herabgerissen; geschieht diess noch vor dem Ende des Winters, in einer Zeit also, in welcher dieses Stück dieselben Einwirkungen der Kälte erfährt, wie jene Stelle des Gletschers, auf welche es fällt: so trennt es sich in Fragmente von derselben Grösse wie seine Unterlage, während es in der früheren Lage in weit kleinere Stücke zerfallen wäre. Und doch haben diese Massen in wenigen Secunden eine verticale Höhe zurückgelegt, zu der sie als Theile eines regelmässigen Gletschers eben so viele Decennien gebraucht haben würden. Auch Wassereis müsste nach dieser Ansicht, auf den Gletscher gebracht, genau in dieselben Massen zerfallen wie dieser. Es findet sich solches auf jedem Gletscher von selbst, und bietet uns ungemein belehrende Formen. Wenn eine Spalte mit Wasser erfüllt ist, so setzen sich an die Wände derselben Schichten von Wassereis an und schliessen sie allmählich mit einem soliden Pfropfe von Eis. Auch dieses zerfällt in Körner, die sich einzeln von jenen der Umgebung in nichts unterscheiden lassen; nur die geringere Menge von Luftblasen macht, dass sich eine solche Stelle sehr deutlich durch eine mehr lichtblaue Farbe auszeichnet. In Folge der schalenförmigen Ablagerung des Eises bei seinem Entstehen sind auch die Körner im Grossen ähnlich gelagert, ohne deswegen in ihren individuellen Formen im Mindesten beeinträchtigt zu sein. Es wird jedermann zugestehen, dass das in diesen wassererfüllten Spalten gebildete Eis mit dem Gletschereis nicht mehr zusammenhängt als jenes, welches gefrorenes Wasser in einem Gefässe liefert.

Schmilzt Eis in grösseren Massen, so bleibt seine Oberfläche nicht glatt oder gleichförmig, sondern erleidet bedeutende Veränderungen, die sich in zwei Gruppen bringen lassen. Die eine derselben sind die muldenförmigen Flächen an verticalen Eiswänden und an den Decken der Höhlen, das andere die kleineren Unebenheiten des Eises.

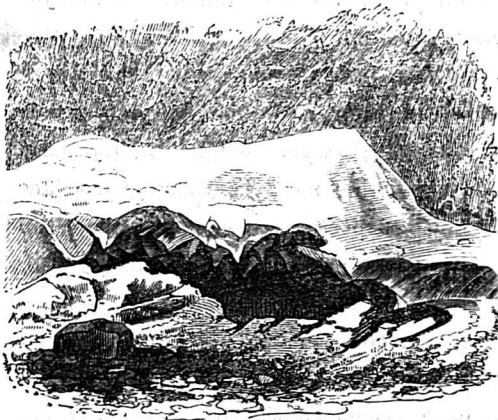
Die ersten bemerkt man besonders schön an Spaltenwänden, und an solchen Stellen in der Nähe der Ufer, wo Stücke des Gletschers abbrachen und nun freie verticale

4) Ueber die genauen Angaben des sommerlichen Abschmelzens des Gletschers siehe Cap. VII.

Wände zurückliessen. Auch an Spalten im Firne, und an jähén Aussenseiten angehäuf-ter Schneemassen sind sie sehr deutlich. Sie lassen sich ihrer Form nach mit nichts besser vergleichen als mit einer Fläche, die man an einem weichen Körper dadurch erhält, dass man denselben mit einem Löffel durch Abtragen zu ebenen sucht, wodurch eine Reihe concaver Einschnitte entsprechend der Convexität des Löffels zurückbleiben. In dem oberen Theile ist jede solche Concavität beinahe kreisrund; nach unten wird sie flacher und weiter, so dass ihre seitlichen Begrenzungen den Aesten einer Hypérbel ähnlich auseinander weichen. Am schönsten und regelmässigten bemerken wir diese Formen im Innern der grossen Höhlen, welche sich am Austritte der Gletscherbäche bisweilen finden, nur sind sie an der Decke mehr kreisrund als an den Wänden. Da sie hier auch sehr glatt und spiegelnd sind, so reflectiren sich in ihnen beleuchtete Wellen des Baches und andere helle Punkte unzählige Male; sie geben dadurch dem Eingange solcher Höhlen einen ungemeinen Reiz. Die Erklärung dieser sonderbaren Formen ist nicht ohne Schwierigkeit; folgende dürfte jedoch nicht ganz unwahrscheinlich sein. Wenn an irgend einem Punkte das Schmelzen beginnt, so läuft das entstandene Wasser weg und schützt die Umgebung dadurch, dass es eine ganz feine Schicht bildet, die verdunsten muss, ehe auch dort das Schmelzen beginnen kann; so erhalten wir in den regelmässigten Fällen Kugelsegmente, wie an den Decken der Höhlen; rücken sich durch fortgesetztes Schmelzen die begrenzenden Flächen dieser Kugelsegmente immer näher,

und schneiden sie sich, so bleiben spitze pyramidenartige Gestalten übrig, die sich besonders an den Decken von Schnee und Firnhöhlen finden.

Wir geben hier eine Gruppe derselben, welche wir an einer Schneemasse auf dem steinernen Meere in der Nähe des Königs-sees beobachteten. Auch in der Eiscapelle am Königssee kommen sie vor und sind in der trefflichen Schilderung von Leopold von Buch angegeben ¹⁾.



Eingang einer Firnhöhle am steinernen Meere in einer Höhe von 7800'; grösste verticale Weite des Einganges 12'.

nach unten, sind auch dort die grössten Vorsprünge, was statt der regelmässigten Kreisformen der Decken die erwähnten elliptischen Eindrücke zurücklässt. Die erste Ursache davon, dass das Abschmelzen nicht überall gleichmässig eintritt, mag wohl mit der vorausgehenden Risse- und Körnerbildung zusammenhängen.

1) Beobachtungen auf Reisen in Deutschland und Italien. 4. Theil S. 212.

Diese löffelförmigen Erosionsflächen sind nicht auf die Gletscher und den Schnee der Alpen allein beschränkt; sie sind auch bei Expeditionen in höhere Breiten regelmässig erwähnt, und machen sich an grossen Anhäufungen von Schneemassen fast überall bemerkbar.

Kann das Schmelzwasser sich sammeln, bildet es nicht eine dünne bald verdunstende Schicht, so trägt es nicht zur Erhaltung, sondern zur Zerstörung des Eises bei, indem es sich bei directer Besonnung etwas über 0° erwärmt. Es erweitert dann die Canäle bedeutend und bildet besonders da, wo jene häufig sind, in den blauen Bändern, kleine Thäler von der mannigfaltigsten Verzweigung bis zu 2 Centimeter Tiefe. Ein Beispiel dafür ist No. 12 der Tafel I.

Es dürfte nicht uninteressant sein, bei dieser Gelegenheit noch einmal auf die Erscheinungen am Wassereise zurückzukommen, und die Unebenheiten zu betrachten, welche auch dieses bei längerem Schmelzen annimmt. Wir hatten bei unseren Beobachtungen an den Canälen in Nymphenburg und bei jenen am See im englischen Garten den Vortheil, zwei Gruppen zu betrachten, die unter etwas verschiedenen Umständen sich befanden; am ersteren Orte lag das Eis auf Wasser, am zweiten auf festem Boden. Bei beiden zeigten sich schon sehr bald bedeutende Unebenheiten, welche an vielen Stellen jene des Gletschers übertrafen: deswegen wohl, weil hier das Schmelzwasser wegen der grossen Horizontalität nicht wie am Gletscher wenigstens theilweise zu Bächen sich vereinigte und so abfloss, sondern nur durch die entstandenen verticalen Canäle einen sehr beschränkten Ausweg fand. Wo das Wasser sogleich entfernt würde, dürften sich keine solchen Vertiefungen bilden; diess ist in der That der Fall an der porösen Oberfläche des Schnees, in welchem dasselbe rasch nach seiner Entstehung versinkt. Wo Wasser unter dem Eise war, blieb die Unterfläche stets glatt, und die Canäle bildeten hier ganz deutliche Körnergrenzen, sehr ähnlich jenen No. 5. Tafel I. Ganz dasselbe zeigt die Unterfläche jener grossen Eisblöcke, welche in manchen Gletscherseen umherschweben. Einen sehr schönen Abdruck davon erhielten wir von einem Blocke des Sees am grünen Thor (Pasterzengletscher), welcher in No. 11. Taf. I. wiedergegeben ist und zugleich als besonders deutliche Entwicklung der Körnergrenzen unsere Berücksichtigung verdiente. Die erhabensten Stellen am Eise von Nymphenburg hatten noch am 2. März 15—16 Centimeter, die dünnsten 5—6 Centimeter; es blieb demnach den ersteren eine relative Höhe von 10 Centimeter: später schmolzen die dickeren auf 4—5 Centimeter ab, während die dünneren Parthieen kaum 1 Millimeter betrugen, und zuletzt waren es einzelne Fragmente, welche im Wasser lose herumschwammen.

Auf trockner Unterlage waren ebenfalls bedeutende Unebenheiten der Oberfläche bemerkbar, aber auch die untere Seite war hier nicht glatt, sondern höckerig und trug dadurch bei, dass dieses Eis weit schneller als das erstere in Gruppen von isolirten Fragmenten zerfiel, die bisweilen 10 bis 12 Cubikcentimeter Masse hatten.

Vertheilung der Canäle im Innern.

Die bisher betrachteten Erscheinungen sind am Gletscher vorzugsweise über die Oberfläche verbreitet. Die deutliche Körnerbildung erstreckt sich zwar auch etwas in die Tiefe; jedoch dürften drei Meter in verticaler Entfernung von jeder der Atmosphäre ausgesetzten Oberfläche wohl als Maximum gelten; eine Grösse, welche gegenüber der ganzen Gletschermasse doch eine unbedeutende ist.

Wir müssen hier eine Unterscheidung in der Bezeichnung des Gletschereises einführen, die wir erst später bei der Behandlung der Ogiven ausführlicher entwickeln können. Man unterscheidet bekanntlich ein luftblasenreiches Eis, welches in Folge der Reflexion des Lichtes an den eingeschlossenen Blasen weiss erscheint, und ein blaues, in dem die Blasen grossen Theils durch wassererfüllte Canäle ersetzt sind; dadurch erhält das Eis eine gleichmässige lichtblaue Farbe. Diese Parthieen sind schmaler und durchziehen in gewissen Lagen das weisse Eis, sie werden die »blauen Bänder« genannt. Nur diese letzteren verbreiten das körnige Gefüge bis tiefer in das Innere; im weissen Eise sind es aber nur einzelne unregelmässig zerstreute Haarspalten und Canäle, welche tief in die compacte Gletschermasse eindringen, ja wir fanden die letzteren selbst an der Decke von Gletscherhöhlen, wobei sie sicher von der Oberfläche kamen, obgleich sie eine Eismasse von 60 bis 80 Meter durchsetzen mussten.

Der Umstand, der uns zu dieser Annahme berechtigte, war folgender. Unmittelbar über dieser Höhle¹⁾ lag die Mittelmoräne, welche ausser den schönen grösseren Blöcken auch sehr viel Schlamm und Sand enthielt. Da die Canäle von oben mit Schmelzwasser sich füllten, so musste mit diesem auch solcher Schlamm eintreten, und es war zu erwarten, dass er an der Decke der Höhle sich bemerkbar machte, wenn die Canäle wirklich von da bis an die Oberfläche reichten. Diess war in der That hier an sehr vielen Stellen der Fall; und directe Versuche durch künstliche Infiltrationen bestätigten, dass diese Theilchen wirklich von der Oberfläche herabgekommen waren.

Die beste Art von den Canälen des Gletschers sich zu überzeugen, sind die Infiltrationsversuche mit gefärbten Flüssigkeiten, welche AGASSIZ bereits im Anfange seiner Untersuchungen mit so vielem Glücke angewandt hatte. Unter mehreren Medien, die wir versuchten, fanden wir eine concentrirte Auflösung von saurem chromsaurem Kali am vortheilhaftesten, dessen sich auch AGASSIZ bediente. Lakmus, Curcuma, Campechenholz sind entweder weit weniger intensiv gefärbt, oder sie dringen nicht mit derselben Leichtigkeit ein. Das saure chromsaure Kali behält noch bei ungemeiner Verdünnung eine deutliche Weinfarbe; setzt man etwas basisch essigsaures Bleioxyd zu, so erhält man eine noch intensivere gelbe Farbe; die suspendirten Theile des gefällten Bleisalzes sind nicht so gross, dass sie die Canäle verstopfen.

1) Am Marcellgletscher.

Die Versuche wurden auf mehreren Gletschern theils im Oetzthale, theils auf der Pasterze in Kärnthen angestellt. Die gemeinschaftlichen Resultate waren folgende: Wurde die Vertiefung zur Aufnahme der Infiltrationsflüssigkeit, zwei Maass concentrirter Lösung enthaltend, in ein blaues breites Band gemacht, so entleerte sie sich ungemein rasch, und liess sich an den Wänden der Spalten sehr deutlich bis zu 8 und 40 Meter Tiefe verfolgen, obwohl wir die Infiltrationsgrube stets mehrere Meter vom Rande der Spalten entfernten. Suchten wir eine Stelle blauen Eises, welche etwas erhaben war, so verbreitete sich die Infiltration auch sehr rasch über die Oberfläche; und hier beinahe gleich stark in weissem und blauem Eise; wir fanden bei einem besonders glücklichen Falle die madreporenartigen verticalen Vertiefungen des Eises, welche von eingesunkenen Steinchen u. dgl. herrühren, bei einer horizontalen Entfernung von 40 Meter deutlich von der Infiltrationsmasse gefärbt und erhielten, als wir zur Controle etwas essigsaures Blei hinein brachten, augenblicklich den charakteristischen Niederschlag.

Im weissen Eise ist die Infiltration anfangs eben so stark als im blauen, aber in der Tiefe nimmt sie ab, sobald sie die Region des deutlichen Körnergefüges verlassen hat.

Auch in den wassererfüllten Stellen des Gletschers (Baignoirs) findet eine Infiltration statt, obgleich ihre Wände nicht von Gletscher- sondern von neu entstandenen Wassereise bekleidet sind. Dass sie die enthaltenen Flüssigkeiten nicht ganz wasserdicht von der Umgebung abschliessen, sieht man auch daraus, dass diese so wie die kleinen madreporenartigen Löcher des Morgens oft wasserleer sind. Man könnte diess theilweise der Verdunstung zuschreiben, allein wir sahen Fälle, in welchen diese nicht von Einfluss sein konnte; es bildeten sich in mehreren kalten Nächten während unseres Aufenthaltes auf der Pasterze über diesen Wasserbehältern kleine Eisplatten, welche bis zum nächsten Morgen sehr wohl erhalten blieben, unter ihnen aber war keine Spur von Wasser zu finden. Hätten wir nicht die Stelle von früheren Besuchen her wohl gekannt, und gewusst, dass das Wasser erst nach der Bildung der Eisplatte durch Infiltration verschwunden war, so wäre uns das Entstehen dieser Decken über wasserleeren Vertiefungen sehr überraschend gewesen. Dieser Umstand machte uns aufmerksam, die Wasserstände in mehreren Orten des Abends durch eingesteckte eiserne Stifte zu bezeichnen, und wir fanden sie in der That des Morgens gewöhnlich etwas tiefer (2 bis 3 Centimeter), während sie nach 40 Uhr von dem Schmelzwasser wieder gefüllt waren. An kalten Herbsttagen, wenn das Schmelzwasser von Tag zu Tage spärlicher wird, bemerkt man an diesen Stellen die Infiltration besonders schön. Es bilden sich mehrere parallele Kru- sten von Eis, die von der Oberfläche beginnend in Abständen von 2 bis 3 Centimetern nach unten sich folgen. Es sind diess die Reste jener Eisdecken, die sich in den voraus- gegangenen Nächten auf der Oberfläche bildeten, und nun eine gleichzeitige Uebersicht der früheren Wasserhöhen gewähren.

An den Wänden der Spalten bemerkt man noch ein anderes Phänomen, welches die allgemeine Senkung des Wassers während der Nacht anzeigt. Des Morgens ist an der Oberfläche nur selten verschiedenfarbiges Eis zu sehen; an den Spaltenwänden ist zwar

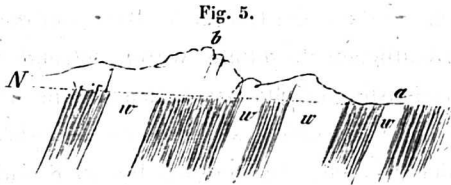


Fig. 5.
Nächtliches Verschwinden der blauen Bänder. *a. b. N.* Contour der Gletscheroberfläche; *N.* Niveau des Wassers; *w.* weisses Eis; das dunkel Gezeichnete sind blaue Bänder; Länge der Linie vier Meter.

wasserleer sind; die Canäle des letzteren sind mit Luft gefüllt, daher erscheinen beide Arten gleichförmig weiss; bis zum Rande des Wassers, von unten nach aufwärts, sind Farbe und Structur so verschieden wie gewöhnlich. Dieser Fall spricht zugleich sehr deutlich dafür, dass die Zwischenräume in den blauen Bändern durch Infiltration von oben gefüllt werden.

Eine grössere Reihe von Infiltrationsversuchen, die uns besonders erlaubten in verticaler Richtung von der Tiefe der Infiltration uns zu überzeugen, machten wir am

Fig. 6.



Stelle der Infiltrationsversuche am Vernagt-gletscher.

eine sehr passende Höhle herzustellen. Unsere Abbildung zeigt den Eingang derselben (von $4\frac{1}{2}$ Meter Höhe). Rechts von dem kleinen Eisblocke auf dem die Flasche steht, trat man auf einigen eingehauenen Stufen in die Spalte hinab, die von Natur ziemlich enge, durch Hinabwerfen von Schnee und Eis in einer Tiefe von 3 Metern sich so fest schloss, dass man mit Vorsicht sich darauf stellen konnte; zur grösseren Sicherheit banden wir uns an ein Seil, dessen anderes Ende um einen Pfahl ausser der Höhle geschlungen war. Die Stellen der Infiltrationsflüssigkeit befanden sich etwas weiter nach rückwärts, können deshalb von hier nicht gesehen werden. Sie waren so gewählt, dass eine verticale Linie von dort gerade der tiefsten Stelle der Eiswand, die nach Innen concav war, sich näherte. Wir machten drei Vertiefungen zur Aufnahme der Infiltrationsflüssigkeit. Eine in einem breiten blauen Bande, die zweite in reinem weissen Eise und eine dritte da, wo schmale weisse und blaue Bänder mit einander wechselten. Schon

die Streifung von unten nach aufwärts so deutlich wie später am Tage; allein wenige Fuss unter der Oberfläche verschwindet sie, obwohl zu anderer Zeit die Bänder so deutlich bis an den Rand der Spalten herauf reichen, und noch über die Oberfläche des Gletschers fortlaufen.

Dieses Verschwinden rührt daher, dass die oberen Theile des Eises, auch des blauen,

die oberen Theile des Eises, auch des blauen, wasserleer sind, daher erscheinen beide Arten gleichförmig weiss; bis zum Rande des Wassers, von unten nach aufwärts, sind Farbe und Structur so verschieden wie gewöhnlich. Dieser Fall spricht zugleich sehr deutlich dafür, dass die Zwischenräume in den blauen Bändern durch Infiltration von oben gefüllt werden.

Die Stelle befand sich in einem der zerklüfteten Theile des Vernagt, in der Nähe der Alpenweiden auf »Plattei«. Durch ein Gewirre von Spalten und Eisnadeln war dieser Punkt etwas unbequem zu besuchen; dafür bot er aber den Vortheil, dass man im Stande war, mit geringer Nachhülfe

40 Minuten nach dem Einfüllen war die Flüssigkeit aus dem blauen Eise an den untersten Stellen, 3 Meter vertical unter dem Infiltrationspuncte, sichtbar; die Grube war dabei leer geworden. Bald begann auch an der dritten Stelle die Färbung sich zu zeigen; aber vorzugsweise nach dem Verlaufe der blauen dünnen Bänder. Auch am weissen Eise wurde die Flüssigkeit bemerkbar, aber erst eine Viertelstunde später; sie war hier nicht so gleichmässig vertheilt, sondern blieb in mehreren grösseren Gängen vereint. Nach einiger Zeit wurden die Infiltrationslöcher sorgfältig gereinigt und ausgetrocknet, dann liessen wir an dieser Stelle einen bedeutenden Theil des Eises abtragen. Hier zeigte sich der Einfluss der Eismassen von verschiedener Structur auf die Infiltration besonders deutlich. Im blauen Eise war dieselbe, so weit wir entblössen konnten, überall ganz gleichmässig verbreitet. Im weissen aber hörte sie in dieser Form bei 2 Meter Tiefe fast in einer horizontalen Ebene auf; von hier abwärts waren nur feine und sehr schwache Körnergrenzen zu entdecken¹⁾. Die Infiltration erstreckte sich noch etwas tiefer, allein ungleich vertheilt, und hielt sich an einzelne grössere Gänge, wie wir es schon vor dem Abhauen der Decke aus den Erscheinungen an den Wänden der Höhle vermutheten. Wir machten hier, um uns ein noch deutlicheres Bild dieser Verhältnisse zu geben, im reinen weissen Eise neue Löcher, die wir mit chromsaurem Kali füllten, wählten aber die Lage derselben so, dass manche ein oder zwei Canäle einschlossen, andere im ganz compacten Eise blieben. Wir gossen die Flüssigkeit des Abends ein, des anderen Morgens waren drei Behälter, von denen wir es bereits erwarteten, und ein anderer leer geworden; im letzteren entdeckten wir jetzt, durch die Farbe des Kalisalzes unterstützt, leicht die Ausflusstellen, die wir Tags vorher nicht bemerkten. Die beiden anderen Gruben, die im ganz compacten weissen Eise gemacht waren, hatten aber ihr Niveau vom vorigen Abend kaum um 2 Centimeter geändert.

In den Stellen, wo weiss und blau abwechselten, war der Effect der Infiltration ein ungleichartiger. Im blauen Eise war auch hier ihr Ende durch Abtragen nicht zu entdecken; im weissen dagegen hatte sie eine bestimmte Grenze, nur um einige Decimeter tiefer als in der Grube No. 2. Einzelne Gänge und Canäle führten auch von hier in die Tiefe fort.

An der Pasterze hatten wir Gelegenheit Infiltrationsversuche 1) nahe der Firnlinie, 2) in der Mitte des Gletschers und 3) unmittelbar an seinem Ende zu machen. Blaue Bänder waren überall gleich stark infiltrirt; allein im gewöhnlichen Eise bot die Vergleichung der einzelnen Puncte das interessante Resultat, dass 1 und 2 in Beziehung auf die Tiefe der Infiltration nur wenig abwichen; 3 hingegen zeigte nur sehr geringe Infiltration.

Die Schlüsse, welche wir daraus auf die Vertheilung der Risse und Canäle machen dürfen, sind folgende. Die blauen Bänder führen die Flüssigkeiten überall in Tiefen, die wir nicht mehr verfolgen können; im gewöhnlichen weissen Eise aber erstreckt sich die gleichmässige Durchtränkung der Massen nur 2 bis 3 Meter nach abwärts, dann hören die zahlreichen Gruppen der Spalten fast in einer Ebene auf; nur einzelne Canäle, auch

1) Ueber die feinen Spalten in grösseren Tiefen und ihre Entstehung siehe S. 24 und 25.

kleinere Risse setzen sich in bedeutende Tiefen fort. Characteristisch ist, dass jene Ebene, in welcher die reichliche Infiltration aufhört, am Anfange des Gletschers tiefer liegt als am Ausgange. Wir glauben darin eine Unterstützung unserer Ansicht über die Entstehung der Risse zu sehen, indem gerade dort dieselben am tiefsten sich erstrecken, wo wegen der höheren Lage die grösste nächtliche Kälte auf Tagestemperaturen über 0° zu folgen vermag. Die Grösse der Differenz zwischen dem Maximum und Minimum mag allerdings für den Anfang und das Ende des Gletschers sich nur wenig unterscheiden; allein sie wird im ersteren Falle durch ein geringes Plus und ein grosses Minus, im Zweiten durch ein grosses Plus und ein geringes Minus hervorgebracht; die Wirkungen müssen dabei nothwendig verschieden sein, da alle Temperatur über 0° das Eis nicht zu erwärmen, nur zu schmelzen vermag, während die Temperaturniedrigung unter 0° sehr bedeutend auf die Grösse der Zerklüftung einwirkt.

Wir wissen wohl, dass die absolute Vergleichbarkeit höherer und tieferer Punkte in Beziehung auf die verticale Ausbreitung dieser Risse nicht zu beanspruchen ist; auch das ungleiche Abschmelzen ist darauf von Einfluss, indem es an den unteren Parthieen von dem körnigen mit Canälen durchzogenem Eise mehr zerstört, als an den höher gelegenen; allein diese Differenz ist, wie wir bei der Abtragung sehen werden, nicht gross genug, die Unterschiede vollkommen zu erklären. Jedenfalls ist aber am Ende des Winters die zerspaltene Schicht an derselben Stelle tiefer, als am Ende des Sommers.

Luftblasen.

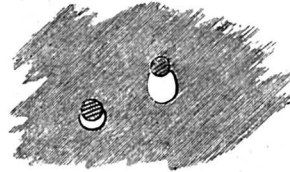
Die Menge der Luftblasen, welche im Gletscher eingeschlossen ist, wird für denselben nicht nur durch ihre Betheiligung an der Bildung der Körnergrenzen und der Canäle im Inneren des Eises wichtig; sie hat auch auf die Contour seiner Oberfläche im Kleinen einen bedeutenden Einfluss. Am besten können wir diess aus dem Vergleich von No. 42 und 43 Taf. I entnehmen. In dem ersten Stücke, welches die Oberfläche des blauen Eises wiedergibt, sind die Vertiefungen durch ungleiche Schmelzung so gross, dass die Figur dem Relief einer Gebirgsgegend nicht unähnlich wird. Die tiefsten Stellen bezeichnen uns immer die Contouren der Körner. Punkte, an welchen kurz vorher Luftblasen waren, bemerken wir auch hier als kreisrunde Vertiefungen; allein sie sind verhältnissmässig sparsam vertheilt.

Ganz entgegengesetzt verhalten sich die Formen des weissen Eises in No. 43 Taf. I. Die Körnergrenzen lassen sich durch tiefere aber enge Spalten auch hier erkennen, jedoch die grossen Verschiedenheiten im Relief sind hier nicht zu bemerken; die Spuren der Luftblasen hingegen sehen wir ausserordentlich deutlich und zahlreich. Wir zählen auf einem Quadratcentimeter weissen Eises nicht selten 47 bis 48 solcher Vertiefungen. Durch theilweise Reflexion der Wärmestrahlen an der Oberfläche der Luftblasen, und durch die Erwärmung der Luft im Eise wird auch das schnellere Schmelzen des weissen Eises gegenüber dem blauen hervorgebracht; ja die Luftblasen tragen nicht selten noch unmittelbar dazu bei. Sie bewirken durch die Ausdehnung der Luft, dass das Eis, noch

ehe es bis an die Blase herabgeschmolzen, berstet, und nun in ganz kleinen Fragmenten über die Oberfläche zerstreut wird. Das dadurch hervorgebrachte leise Knistern ist an schönen warmen Tagen ungemein deutlich; bei einiger Aufmerksamkeit hält es nicht schwer, sich unmittelbar von dem Vorgange zu überzeugen und die Fragmente der gesprengten dünnen Eishüllen zu entdecken.

Das Erwärmen der Luft innerhalb des Eises zeigt sich noch in einer andern Form. An den hervorragenden Theilen des Gletschers bemerken wir oft Bläschen, die wie jenes in Fig. 7. nach unten von einem Hofe von Wasser umgeben sind, von dessen Flüssigkeit wir uns durch Oeffnen der Höhle leicht überzeugen können. Manchmal ist eine solche Luftblase nach allen Seiten von Wasser umgeben, gewöhnlich nur nach unten¹⁾.

Fig. 7.



Das Wasser ist dadurch entstanden, dass die Luft Luftblasen im Eise von flüssigem Wasser umgeben; die parallelen Wärmestrahlen absorbirte, welche das Eis als diathermaner Striche = Eis; die gekreuzten = Körper durchliess; an ein Eindringen des Wassers durch Luftblasen; das hell Gelassene = Spalten, etwa Haarspalten, war in allen Fällen, welche wir sahen, nie zu denken; auch wäre ja bei einer solchen Oeffnung immer die Luft ausgetreten, ehe das Wasser Platz finden konnte. Die schöne Entwicklung dieser Formen ist um so überraschender, wenn wir bedenken, dass das Eis zu jenen Körpern gehört, welche nur sehr wenig diatherman sind. MELLONI hat gefunden, dass Eis bei 2,6 Millimeter Dicke von 100 Strahlen der Locatellischen Lampe nur 6 durchlässt, während Steinsalz 92, Spiegelglas 39, krystallisirter Gyps 14 Strahlen durchliessen²⁾.

Die Masse der Luft zu bestimmen, welche in einem gegebenen Volumen Eis enthalten ist, macht einige Schwierigkeit, da sie beim Schmelzen zum grossen Theile von Wasser absorbirt wird. Wir mussten uns daher begnügen, durch Eindringen in eine etwas erwärmte Metallform dem Stücke ein bestimmtes Volumen zu geben und dann sein absolutes Gewicht zu bestimmen; wir suchten dabei ein Stück, welches möglichst frei von Haarspalten war. Die Wägung wurde auf einem Aräometer aus Glas vorgenommen, welches 1 Milligramm mit Sicherheit anzeigte, und 24 bis 30 Grammen tragen konnte; eine grosse Bequemlichkeit war es, dass sein Hals in Längentheile getheilt war, welche genau die Veränderungen der Belastungen um + oder — 1 Milligramm durch ihr Einsinken oder Steigen angaben.

Berechnen wir daraus das Gewicht eines Cubikmeters von dem blasigsten Eise, so finden wir: Wägung a. 867,4 Kilogramm.

b. 829,1 - -

c. 894,2 - -

Mittel 862,4 Kilogramm.

1) Dieselben Formen: AGASSIZ Système. p. 168.

2) MÜLLER - POUILLET Physik II. 424. —

Die Dichtigkeit des reinen Eises ist, nach den schönen Untersuchungen von BRUNNER dem Sohne, folgende:

Temp. C.	Dichte.	Temp. C.	Dichte.
0	0,94800	— 11	0,94924
— 1	0,94812	— 12	0,94935
— 2	0,94823	— 13	0,94946
— 3	0,94834	— 14	0,94957
— 4	0,94845	— 15	0,94968
— 5	0,94856	— 16	0,94980
— 6	0,94868	— 17	0,94991
— 7	0,94879	— 18	0,92002
— 8	0,94890	— 19	0,92013
— 9	0,94901	— 20	0,92125
— 10	0,94912		

Wir erhalten demnach für die Masse des Eises in den gewogenen 27 Cubikcentimetern, dem Inhalte jener Metallform, da in 1000 Theilen Volumen: Eis 939, Luft 61 ein Spec. Gew. = 0,862.

Bei blauem Eise konnten wir durch Wägung zweierlei erfahren: 1) den Raum, den die Haarspalten, Körnergrenzen und Canäle einnahmen, 2) das spec. Gewicht des möglichst blasenfreien Gletschereises. Für den ersten Versuch wurde ein Stück von 27 Cubikcentimetern, an dem alle Canäle mit Wasser gefüllt waren, gewogen, dann durch Aussaugen schnell entleert und wieder gewogen. Der Verlust im Mittel mehrerer Versuche ergab ihren Raum in 1000 Theilen Eis zu 70 bis 90. Wenn auch bei dem Aussaugen und während der kleinen Pause zwischen der ersten und zweiten Wägung einiger Verlust durch Schmelzen des Eises herbei geführt wurde, so wird dieser Fehler hier um so weniger zu berücksichtigen sein, da die Räume der Canäle ohnehin keine constante Grösse sind und in zwei dicht neben einander liegenden Stücken sehr merklich differiren können.

Wollten wir Stücke von blauem Eise wägen, welche frei von Canälen waren, und möglichst wenig Luftblasen enthielten, so waren wir gezwungen die Stücke weit kleiner zu machen. Wir wogen 4 Cubikcentimeter und fanden ihr Gewicht

1 Versuch	3,69
2 —	3,63
3 —	3,66
<hr/>	
Mittel	3,66. Grm.

Für 1 Cubikcentimeter erhält man daraus

0,915 Grm.

und ein specifisches Gewicht von

0,915

was von jenem des reinen Eises nur wenig abweicht.

Lässt man weisses blasenfreies Eis langsam thauen, so wird nicht alle darin ent-

haltene Luft absorhirt; diese Erscheinung gewinnt dadurch an Interesse, dass die absorbirte Luft auch eine andere Zusammensetzung zeigt, als die austretende.

Um die absorbirte Luft vom Wasser zu trennen, wurde das letztere unter den bekannten nöthigen Vorsichtsmassregeln ausgekocht, und die austretenden Gasarten unter einer warmen Salzlösung aufgefangen. Die calibrirte Röhre, in welche die Luft eintrat, tauchten wir am Schlusse der Operation so lange unter die Sperrflüssigkeit, bis wir die Temperatur der letzteren jener der eingeschlossenen Luft gleichsetzen durften. Der Barometerstand, der jedesmal abgelesen wurde, betrug zwischen 600 und 570 Millimeter, da alle folgenden Versuche theils am Gletscher selbst, theils in Vent (5800 P. F.) angestellt wurden. Das gefundene Gasvolumen wurde auf 0° C. und 760 M. M. Barometerstand reducirt.

Die so erhaltenen Mengen waren:

No.	Ort.	Bezeichnung des Wassers.	Luft in 1000 Theilen Wasser.
1	Pasterze.	Aus weissem Gletschereise.	47,40
2	Pasterze.	Aus blauem Gletschereise.	30,48
3	Alte Lawine bei der Johannishütte.	Aus dem Firne.	23,60
4	Vernagt.	Aus weissem Gletschereise.	45,68
5	Vernagt.	Aus blauem Eise.	28,56
6	Dorf Vent.	Aus frisch gefallenem Schnee.	34,24
7	Dorf Vent.	Kleiner Bach von Stablein kommend.	25,68
8	Dorf Vent.	Oetzwasser.	13,12
9	Johannishütte.	Wasser der Quelle.	13,79

Anmerk. No. 1 — 3 und 9 waren 1848 in Kärnthen, während unseres Aufenthaltes auf der Pasterze angestellt. No. 4 — 8 wurden 1847 im Oetzthale ausgeführt.

Das Wasser aus weissem Eise ist nach diesen Versuchen vollkommen gesättigt, da im Mittel 46 Theile Luft auf 1000 Wasser als Maximum angenommen werden¹⁾; aber selbst das blaue Eis lieferte noch luftreicheres Wasser als die gewöhnlichen Quellen und Bäche.

Zur chemischen Analyse der Gase bedienten wir uns des Eudiometers von GAY-LUSSAC²⁾, dem FRESSENIUS eine so bequeme Form gegeben hat³⁾. Es ist dieser Apparat auf der Tafel der Instrumente enthalten. Ein Cylinder von 1 Fuss Höhe und 3 — 4 Zoll Weite, der nämlich in dem auch das Aräometer aufgestellt werden konnte, wurde mit verdünnter Salzsäure gefüllt; in demselben befand sich die graduirte engere Röhre, welche die zu analysirende Luft und einen Kupferstreifen einschliesst, um den zur Vermehrung der Oberfläche und zum besseren Hinaufleiten der Salzsäure mit einem Bind-

1) Nach DALTONS Versuchen. *Manchester Memoirs* 2 Ser. 1, 284; 5, 11. *Annals of Phil.* 7, 215.

2) *Ann. de Chim. et de Phys.* 62, 219.

3) Anleitung zur quantitativen Analyse p. 435.

faden Kupferdrehspäne gebunden sind. Die drei Spitzen an seinem unteren Ende sind federnde Streifen, welche den graduirten Cylinder in der weiteren Röhre festhalten¹⁾.

Die Absorption des Sauerstoffs ist nach drei Stunden sicher vollendet. Die Correction wegen des Luftdruckes ist hier selten nöthig, da sich innerhalb der kurzen Zeit der Barometerstand nur wenig ändert. Die Temperatur der Sperrflüssigkeit wurde stets berücksichtigt und nach ihr das wahre Volumen der enthaltenen Gase berechnet.

Wir machten mit diesem Apparate die Analyse von zwei verschiedenen Luftarten; die erste war vom Wasser absorbirt und wurde durch Kochen ausgetrieben, die zweite war jene Luft, die bei langsamem Thauen des Eises nicht absorbirt wird, sondern in Bläschen aus dem Schmelzwasser aufsteigt.

Analysirte Luft.	Volumen		Gewicht	
	Sauerstoff	Stickstoff.	Sauerstoff	Stickstoff.
Im Wasser absorbirte Luft.	29,0 proc.	71,0 proc.	34,7 proc.	68,3 proc.
Nicht absorbirte Luft.	16,4	83,6	18,3	81,7

696,04 Cb.-Ct. Sauerstoff = 792,23 Cb.-Ct. Stickstoff = 1 Grm. (Marchand Chem. Taf. p. 10.)

Das Wasser auch des Gletschers absorbirte demnach weit mehr Sauerstoff als Stickstoff. Alexander von HUMBOLDT und GAY-LUSSAC erhielten aus destillirtem Wasser, welches mit Luft gesättigt war, 32,8 proc. Sauerstoff, aus Schneewasser 28,7²⁾.

Die nicht absorbirte Luft konnten wir uns am Gletscher selbst leicht verschaffen. Es entwickeln sich an vielen wassererfüllten Theilen kleine Luftblasen, eben jene, die beim Schmelzen nicht mehr absorbirt werden. Diese sind es, die unter einer Glasglocke aufgefangen den Gegenstand der zweiten Analyse bildeten. BISCHOF, der unter ganz ähnlichen Umständen die Luft analysirte, die sich aus den «Eislöchern der Gletscher» (Baignoirs) entwickelte, fand ebenfalls sehr wenig Sauerstoff (10,22 proc.)³⁾.

Es fragt sich nun, welche Zusammensetzung die im Eise eingeschlossene Luft selbst hatte. Nehmen wir aus den beiden Analysen das Mittel, so erhalten wir

$$\frac{34,7 + 18,3}{2} = 25 \text{ proc. Gewicht}$$

Sauerstoff, während doch die Atmosphäre nur 23,07 enthält; schon die eingeschlossene Luft scheint demnach etwas an Sauerstoff reicher gewesen zu sein. Dieses Resultat gewinnt eine Bestätigung, wenn wir die Umstände betrachten, unter welchen sich die Luftblasen im Eise bildeten. Sie entstanden zum Theile aus jener Luft, welche die Zwischenräume

1) Ueber die Zuverlässigkeit so wie die weitere Behandlung siehe die ausführliche Darstellung bei FRESENIUS a. a. O.

2) *Journal de Phys.* 60, 429. GILBERT 20, 447.

3) SCHWEIG. 37, 266. Aehnliche Resultate aus Schneeluft erhielt BOUSSINGAULT in GAY-LUSSAC's *Ann. de Chimie* 76, 354.

der Firnkörner ausfüllte; diese war gewiss von atmosphärischer Luft nicht verschieden. Ein zweiter allerdings kleinerer Theil derselben trat aber bei dem Gefrieren jenes Wassers aus, welches den Firn durchtränkt und bei dem Uebergange in den festen Zustand die einzelnen Körner zu einem compacten Ganzen, zum eigentlichen Gletschereise vereint. Die letztere Luft, ursprünglich vom Wasser absorbiert, war etwas sauerstoffreicher; so dass auch auf diese Weise der kleine Ueberschuss von Sauerstoff (von 2 proc.) erklärt ist. Allein diese Betrachtung nöthigt uns zugleich anzunehmen, dass nicht in jedem einzelnen Bläschen solche Luft eingeschlossen ist, die mehr Sauerstoff enthält als die Atmosphäre, sondern dass einzelne nur mit Atmosphäre, andere dafür mit einem um so grösseren Gehalt von Sauerstoff gefüllt sind. Da beim Schmelzen des Eises einige Bläschen wegen bereits erfolgter Sättigung des Wassers oder wegen zu schneller Bewegung fast gar nichts durch Absorption verlieren, so lässt sich erwarten, was auch durch die Experimente sich bestätigte, dass die austretende Luft weit weniger eine constante Zusammensetzung zeigt als die absorbierte¹⁾.

Farbe des Eises.

Unter den physicalischen Eigenschaften des Eises verdient auch die Bestimmung seiner Farbe unsere Aufmerksamkeit. Wenn auch die Luftblasen in grösserer Menge dasselbe weiss erscheinen lassen²⁾, so bleibt doch der eigenthümlichen lichtblauen Farbe desselben noch Einfluss genug, im Grossen sich bemerkbar zu machen. Ganz besonders deutlich sind solche Farben in den Spalten des Eises sowohl als des Firnes zu beobachten. Unabhängig von dem Zustande der Bewölkung, frei also von dem Einflusse reflectirten blauen Lichtes, zeigen solche Vertiefungen eine blaue oder blaugrüne Farbe von solchem Glanze und so grosser Schönheit, wie wir sie nur an besonders günstigen Tagen am Firmamente oder an der Oberfläche grosser Wassermassen wiederfinden.

Wir bestimmten dieselbe dadurch, dass wir sie mit einem rotirenden Kreisel verglichen, auf welchen Papiere von verschiedenen Farben gebracht werden konnten. Eine ausführliche Beschreibung unseres Cyanometers ist bei den Untersuchungen über die Farbe des Firmamentes mitgetheilt. Die Werthe der folgenden Tabelle sind die procentischen Antheile jeder einzelnen Farbe. (W = Kremserweiss, C = Kobaltblau, G = gebrannter Ocker). 5. 8. 9. sind Farben der Oberfläche, die andern beziehen sich alle auf Spalten und Vertiefungen.

1) Die Analyse der gewöhnlichen Atmosphäre über dem Eise, siehe Meteorologie Cap. XVIII.

2) An einigen ganz dünnen Luftschichten, welche kleine Spalten ausfüllten, bemerkten wir mehrere Male ein ganz ausgezeichnetes Farbenspiel, die bekannten Farbenercheinungen an dünnen Blättchen (Newton's Ringe). Sehr häufig waren sie besonders an dem (Wasser)Eise der Kolowratshöhle bei Salzburg.

No.	Ort der Beobachtung.	Gegenstand.	Procente.
1.	Leitergletscher.	Schneelöcher von 5 Centimeter Weite und 4 Meter Tiefe.	78 W. 24 C. 0,6 G.
2.	Similaun.	Schmale Spalten im Firnmeere.	76 W. 23 C. 0,8 G.
3.	Niederjoch.	Schneelöcher im Firnmeere.	72 W. 27 C. 1,0 G.
4.	Firnmeer der Pasterze.	Blaues Licht der Firnböhlen.	77 W. 22 C. 1,0 G.
5.	Küppeler Berg in Gurgl.	Blauer Schlagschatten auf den Firnen der Kleinleiten an der Oberfläche.	64 W. 39 C.
6.	Pasterze.	Mühle von 10 Meter Tiefe.	73 W. 26 C. 1,0 G.
7.	Thor des Marcellgletschers.	Blaue Bänder im Innern.	a) 84 W. 19 C. 0,3 G. b) 78 W. 24 C. 0,6 G. c) 76 W. 24 C. 0,6 G.
8.	Pasterze (Johannishütte) nächst der Hütte.	Farbe des beschatteten Gletschers 5 Uhr Nachm. Oberfläche.	69 W. 27 C. 4,0 G.
9.	Ebendasselbst bei den Burgställen.	Farbe desselben in grosser Entfernung. Oberfläche.	73 W. 23 C. 4,0 G.
10.	München.	Löcher in zusammengehäuften frischgefallenen Schnee von 1½ Meter Tiefe.	73 W. 27 C. 0,2 G.

Da wir gleichzeitig Versuche über die Farbe der Atmosphäre gemacht hatten, so dürfte es nicht unwichtig sein, auch diese hier zu erwähnen. Das Blau der Atmosphäre enthält im Zenith schon bei 2000' absoluter Höhe 40 proc. C. und steigert sich bei 4200' bis zu 92 proc. C. Die meisten der Beobachtungspuncte der obigen Tabelle befinden sich zwischen 6000 und 9000' und die cyanometrische Färbung des Himmels beträgt

bei 6000' 53 W., 47 C.

bei 9000' 26 W., 74 C.

Die beobachteten Farben an Schnee und Eis sind demnach nicht nur heller als die Farbe der Atmosphäre in der betreffenden Höhe, sondern erreichen nicht einmal das Blau über den Hochebenen am nördlichen Fusse der Alpen. Es war uns diess anfangs sehr überraschend, da die Firnböhlen nur spärlich beleuchtet sind, was uns dunklere Farben erwarten liess. Allein die Differenz zwischen der Helligkeit der Himmels- und Gletscherfarben ist so gross, dass wir, einmal durch das Instrument darauf aufmerksam gemacht, auch mit blossen Auge aufs deutlichste uns davon überzeugen konnten.

Die Farben der Oberfläche sind nach der herrschenden Beleuchtung sehr wechselnd; einmal (No. 5.) erreichten sie beinahe das Blau eines mässig dunklen Firmamentes. Desto schöner ist es zu sehen, wie übereinstimmend die Helligkeit aller Vertiefungen ist; selbst an frischgefallenem Schnee der Ebenen finden wir dieselbe schöne Farbe; wenn er nur hinlänglich tief ist. Die Höhendifferenz der Beobachtungspuncte (München 4500', Similaun 41000') ist so gross, und die Helligkeit so ähnlich und von ihr unabhängig (Niederjoch 8000' 72 W. München 73 W.), dass die Höhe von keinem Einflusse sein kann.

Wir erhalten vielmehr als mittleres Resultat aus den sechs Beobachtungen an Vertiefungen

74,9 W. 24,3 C. 0,8 G.,

was wir als die eigenthümliche Farbe des Wassers im festen Zustanda betrachten dürfen, welche aber, wie an vielen anderen Körpern, erst bei hinlänglicher Dicke sichtbar wird¹⁾).

Cohäsion des Eises.

Nachdem wir die Formen und Eigenschaften des Eises in kleineren Massen und am Gletscher betrachteten, so weit sie uns durch Beobachtung und Experiment zugänglich sind, müssen wir noch eine andere Eigenschaft des Eises untersuchen, die sich vorzüglich an der Masse im Grossen bemerkbar macht, und mit der Erklärung der wichtigsten Erscheinungen am Gletscher innig zusammenhängt, nämlich den Grad der Verschiebbarkeit seiner Theile.

Es ist dieses eine Eigenschaft, die in verschiedener Grösse jedem festen Körper zukommt; wir erinnern, dass man Glas zu pressen vermag, dass es doppelt brechend wird, dass das specifische Gewicht der Metalle durch Pressen oder Hämmern verändert wird u. s. w. Allein am Eise macht sich diese Eigenschaft in den grossen Gletschermassen weit deutlicher bemerkbar, so dass man dasselbe beinahe als halbflüssig (FORBES) oder doch plastisch (AGASSIZ) annahm. Die Erscheinungen, welche dazu veranlasst haben, sind folgende:

Der Gletscher geht auch durch Verengerungen des Thales in seiner ganzen Masse hindurch, während er als vollkommen starrer Körper, etwa durch Gleiten auf der Unterlage sich bewegend, durch solche Hindernisse unbeweglich festgehalten werden müsste.

Erreicht er dagegen eine Thalweitung, so nimmt er an Breite zu. Die einzelnen hierher gehörigen Beobachtungen werden uns bei den Fragen der Bewegung und der Structur beschäftigen²⁾).

Die abwechselnden Lagen von blauem und weissem Eise sind in der Nähe der Ufer vielfach gekrümmt und gebogen, ganz analog den gewundenen Schichten des Schiefers. Sie treten überall auf, wo die Reibung oder locale Hindernisse der Bewegung entgegen stehen.

Auch die Vertheilung der Bewegung ist hier zu berücksichtigen, denn der Gletscher zeigt an verschiedenen Puncten ungleiche Schnelligkeiten, er geht an der Oberfläche schneller als in der Tiefe (was sich aus der veränderten Stellung der blauen Bänder ableiten lässt), ferner in der Mitte schneller als am Rande.

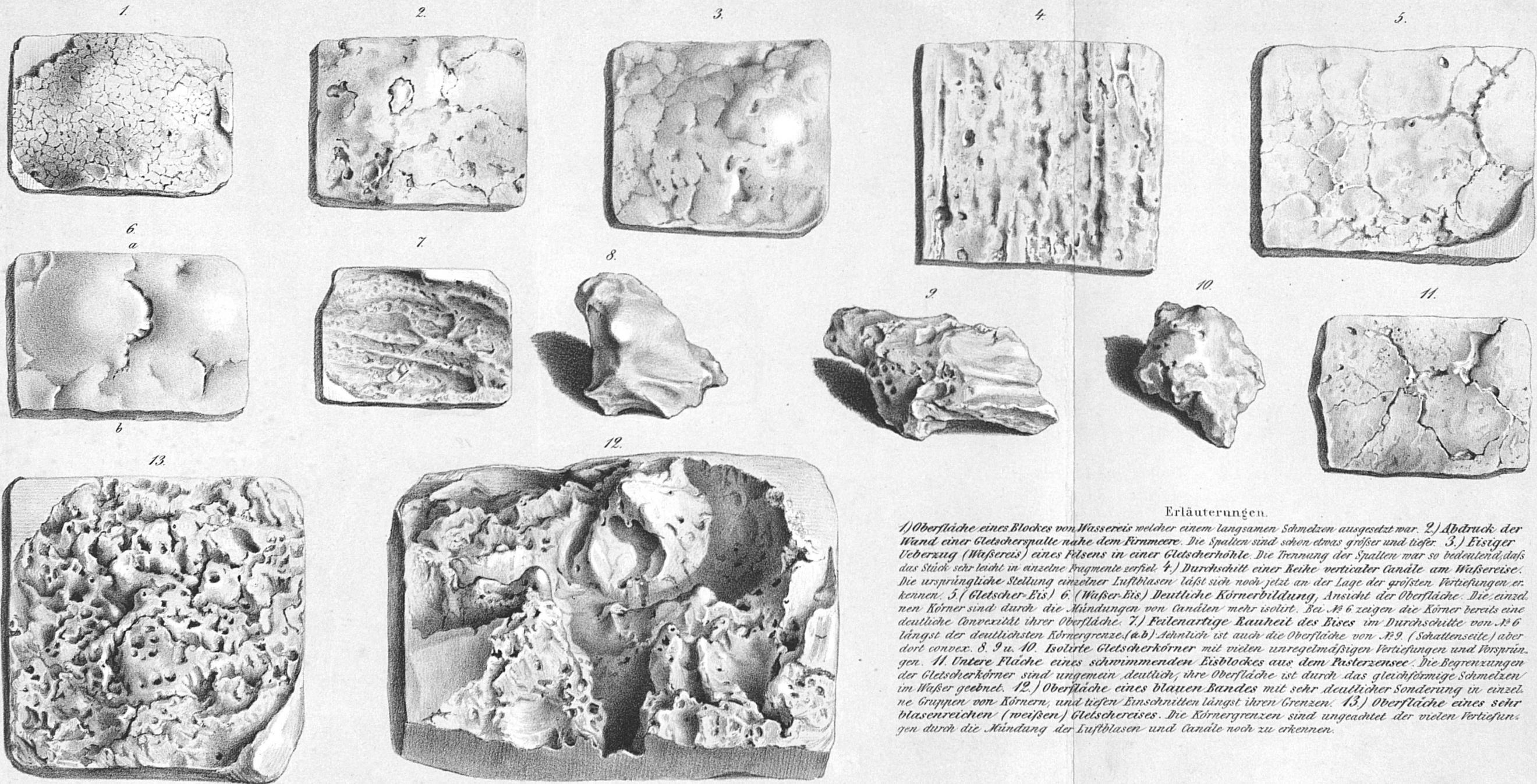
1) Ueber die Farbe des Wassers vergl. BUNSEN: *Colour of the water*. JAMESON *new philos. Journ.* 4849. S. 95., und MARTINS. JAMESON *ph. Journ.* 43. 1847. S. 87. Zur Vervollständigung der physicalischen Eigenschaften des Eises ist zu erwähnen, dass dasselbe nach den Untersuchungen von A. ERMAN (GILB. *Ann.* Bd. XI. S. 165) die Electricität nicht leitet, und dass es nach den Versuchen von BRUNNER, *Pogg. Ann.* Bd. LXXX. S. 173 ebenso wie der Wasserdampf stark diamagnetisch ist. Die Kürze dieser Mittheilung möge damit entschuldigt sein, dass diese Erscheinungen zu den Phänomenen am Gletscher in keinem näheren Zusammenhange stehen. — Ueber die Ausdehnung des Eises möchten wir hier noch die ausführliche Mittheilung der Untersuchungen von MORITZ, POHRT u. v. SCHUMACHER, unter STRUVE's Leitung, erwähnen: *STRUVE sur la dilatation de la glace d'après les expériences faites en 1845 et 1846 à Poulkova. Petersb.* 4848. *Acad. de Pet. Scienc. math. T. IV.* Das Mittel aus allen Versuchen ergab 0,00005142 als Ausdehnungscoefficienten für 1° C.: einzelne Reihen hatten anfangs denselben ein wenig grösser ergeben. (Siehe ob. S. 4, Anmerk. 2.). Die Bewegung des Gletschers dürfte bei der geringen Leitungsfähigkeit des Eises für Temperaturveränderung auch im Winter durch die Zusammenziehung desselben nur wenig, und sehr allmählich verändert werden; auf Spaltenbildung scheint ein rasches und tiefes Sinken unter den Gefrierpunct auch am Gletscher nicht ohne Einfluss zu sein; bei den verhältnissmässig dünnen Decken des Eises auf Flüssen und Seen hingegen ist die Zerklüftung bei grosser Kälte gewöhnlich viel deutlicher.

2) Die Körnerauflockerung erstreckt sich, wie wir sahen, von der Oberfläche nur bis zu 3 Meter Tiefe. Der Gletscher kann demnach keineswegs als ein von Wasser durchtränktes Aggregat von losen Körnern betrachtet werden.

Allein die Verschiebbarkeit der Gletschermasse, welche aus diesen Beobachtungen folgt, kann kaum als eine Eigenschaft des Eises an sich betrachtet werden. Es besitzt dieses ja, wie Quarz, Glas und andere spröde Körper, einen scharfkantigen, entschieden muschligen Bruch. Man kann Blei, Gold u. s. w. durch härtere Metalle ritzen oder spitze Instrumente einführen ohne Bruchstücke zu erhalten, während Eis dabei jedes Mal splittert, wenn man die Vorsicht gebraucht die Instrumente auf 0^0 abzukühlen; sonst wird die Beobachtung unmöglich, indem das Eis schmilzt. Auch die Risse, welche die blauen Bänder bedingen, die Spalten u. s. w. sprechen am Gletscher selbst für die geringe Plasticität des Eises. Vergleichen wir demnach das Eis mit andern Körpern bei den uns gewöhnlichen Dimensionen, so können wir seine Zusammendrückbarkeit, die Verschiebbarkeit seiner Theile, nicht als vielmal bedeutender annehmen; ja es zeigt sich vielmehr als ein sehr spröder und zerbrechlicher Körper¹⁾. Dies scheinen auch einige directe Versuche zu bestätigen, welche wir (H.) über den Einfluss des Druckes auf die Zerspaltung des Eises im Laboratorium des Herrn Prof. MAGNUS anstellten. Es sei uns erlaubt, Demselben für seine gütige Theilnahme an diesen Versuchen den verbindlichsten Dank auszusprechen. — Als der angewandte Druck der hydraulischen Presse 150 Pfund auf den Quadratzoll betrug, begann die Zerspaltung rechtwinklich auf den beiden Platten der hydraulischen Presse, also in der Richtung des Druckes einzutreten; die Zerspaltung setzte sich bei Vermehrung des Druckes auch in anderen Richtungen rasch fort; es war unvermeidlich, dass das benützte Eis einige Luftblasen enthielt; allein an diesen ist auch gerade das Gletschereis sehr reich. Zur Beurtheilung der Sprödigkeit des Eises möge dienen, dass selbst schlechtgebrannte Ziegel 300 bis 400 Pfund Druck auf den Quadratzoll (preussisch) erlauben, während Porphyr 36200, Syenit 15200, Quarz 6100 Pfund Druck ertragen, ehe sie zerdrückt werden²⁾. Eine Verdichtung der Masse, ein Zusammendrücken derselben schien am Eise der Zerspaltung nicht, oder nur in sehr geringem Grade voranzugehen; sie hätte sich an der Formveränderung einiger eingeschlossener, runder Luftblasen durch Abplattung erkennen lassen. Im Gletschereis selbst kommen zwar flache Luftblasen oft in grosser Menge vor; sie scheinen grösstentheils eine ursprünglich unregelmässige Form derselben zwischen den Firnkörnern zu sein; gegen ihre Entstehung durch Compression spricht nicht selten der Umstand, dass sie gewöhnlich nur in kleinen Gruppen parallel sind, dagegen sehr oft in grosser Nähe ganz verschiedene Richtungen zeigen. Eine ähnliche feine Zerspaltung des Eises wird auch am Gletscher durch die grossen angehäuften Massen und die Menge der Luftblasen, welche die Zerbrechlichkeit wesentlich unterstützen, eintreten; sie scheint vorzüglich die Bewegung des Gletschers auf einer geneigten Unterlage zu befördern; sie erlaubt dabei durch den Einfluss der Reibung die grössere Schnelligkeit an den dickeren Stellen, d. h. in der Nähe der Mitte zu erklären. Die Bewegung selbst wird ebenfalls beitragen die Zerspaltung zu vermehren; durch die Hindernisse, welche eine

1) Vergl. auch MALLET *Transact. Geol. Soc. Dublin* 1838 u. *Phil. Mag.* 3^d ser. Vol. XXVI. S. 586.

2) Nach den Versuchen von BRIX, GANTHEY, RONDELET u. A. Wir verdanken den lithographirten Bericht über diese Versuche der gütigen Mittheilung des Herrn geheimen Oberbaurathes STÜLER in Berlin.



Erläuterungen.

1.) Oberfläche eines Blockes von Wassereis welcher einem langsamen Schmelzen ausgesetzt war. 2.) Abdruck der Wand einer Gletscherspalte nahe dem Firnmeere. Die Spalten sind schon etwas größer und tiefer. 3.) Eistiger Ueberzug (Wassereis) eines Felsens in einer Gletscherhöhle. Die Trennung der Spalten war so bedeutend, daß das Stück sehr leicht in einzelne Fragmente zerfiel. 4.) Durchschnitt einer Reihe verticaler Canäle am Wassereise. Die ursprüngliche Stellung einzelner Luftblasen läßt sich noch jetzt an der Lage der größten Vertiefungen erkennen. 5. (Gletscher-Eis) 6. (Wasser-Eis) Deutliche Körnerbildung, Ansicht der Oberfläche. Die einzelnen Körner sind durch die Mündungen von Canälen mehr isolirt. Bei № 6 zeigen die Körner bereits eine deutliche Convexität ihrer Oberfläche. 7.) Feilenartige Rauheit des Eises im Durchschnitte von № 6 längst der deutlichsten Körnergrenze. (ab). Ähnlich ist auch die Oberfläche von № 9. (Schattenseite) aber dort convex. 8. 9 u. 10. Isolirte Gletscherkörner mit vielen unregelmäßigen Vertiefungen und Vorsprüngen. 11. Untere Fläche eines schwimmenden Eisblockes aus dem Pasterzensee. Die Begrenzungen der Gletscherkörner sind ungemein deutlich, ihre Oberfläche ist durch das gleichförmige Schmelzen im Wasser geebnet. 12.) Oberfläche eines blauen Bandes mit sehr deutlicher Sonderung in einzelne Gruppen von Körnern, und tiefen Einschnitten längst ihren Grenzen. 13.) Oberfläche eines sehr blasenreichen (weißen) Gletschereises. Die Körnergrenzen sind ungeachtet der vielen Vertiefungen durch die Mündung der Luftblasen und Canäle noch zu erkennen.

Alle Figuren sind in natürlicher Größe.

nicht glatte, sondern stets rauhe und höckrige Unterlage, der Eismasse entgegenstellt. Der Infiltration scheinen diese Risschen nicht zugänglich, sondern nur die (grösseren) Haarspalten und Canäle, welche gemeinschaftlich am Wassereis und Gletschereis durch die Einwirkung der äusseren Temperatur entstehen, und durch eintretende Luft, durch das circulirende Wasser und die Betheiligung der so zahlreich im Eise enthaltenen Luftblasen nach und nach erweitert werden. Diese Risschen aber, welche durch den Druck der angehäuften Massen und die Reibung hervorgebracht werden, sind demnach von der Körnerbildung unabhängig, wir bitten, sie nur als eine Voraussetzung zu betrachten, welche jedoch durch die Bewegung und die Structur des Gletschers, andererseits durch die Sprödigkeit des Eises an sich, nicht unwahrscheinlich sein dürfte. Dadurch scheint es zu geschehen, dass der Gletscher im Grossen so sehr die Formen einer plastischen Masse nachahmt¹⁾, worauf zuerst die zahlreichen und vortrefflichen Beobachtungen von FORBES, AGASSIZ, MARTINS u. A. aufmerksam machten; bei der Untersuchung der speciellen Phänomene werden wir Gelegenheit haben ausführlicher darauf zurückzukommen.

R e s u l t a t e.

1) Gletscher- und Wassereis zerfällt unter dem wechselnden Einflusse von Wärme und Kälte in ganz identische Formen.

2) Die Luftblasen betheiligen sich sehr wesentlich bei der Bildung der Körner und wirken auf die Gestalt aller freien Oberflächen ein.

3) Die deutliche Körnerbildung erreicht mit Ausnahme der blauen Bänder eine Tiefe von 3 Metern im Maximum. Die Infiltration aber dringt in unregelmässig vertheilten Canälen und einzelnen Haarspalten noch weit tiefer ein.

4) Die im weissen Eise eingeschlossene Luft beträgt im Durchschnitte 6 Proc. Volumen. — 5) Das Schmelzwasser absorbirt Luft bis zur Sättigung.

6) Die vom Wasser absorbirte Luft ist sauerstoffreicher, die beim Schmelzen des Eises austretende (der nicht absorbirte Rest) sauerstoffärmer als die Atmosphäre.

7) Die blaue Farbe der Vertiefungen in Schnee, Firn und Eis rührt nicht von reflectirtem Lichte des Firmamentes her, sondern ist die eigenthümliche Farbe des Wassers im festen Zustande. Sie ist im Mittel identisch mit einem Gemenge von 74,9 proc. Krenserweiss, 24,3 proc. Kobalt und 0,8 proc. gebranntem Ocker, daher stets heller als das Blau der Atmosphäre im Zenith für mittlere Breiten.

8) Das Eis zeigt überall die Eigenschaften eines festen, ja sogar spröden Körpers. Jene Verschiebbarkeit der Masse, welche man am Gletscher aus der Structur und der Bewegung erkennt, scheint durch die feine Zersplitterung des Eises bedingt zu sein, welche durch den Druck der bedeutenden Massen und ihre Reibung gegen die Unterlage entsteht.

1) Die ungleiche Schnelligkeit einzelner Theile, z. B. des Randes und der Mitte, und die allmähliche Veränderung der Schnelligkeit zwischen solchen Puncten, die veränderte Stellung der blauen Bänder und das Durchgehen der Gletscher durch Thalverengerungen macht es wohl unmöglich die Bewegung durch einfaches Rutschen oder Gleiten zu erklären, oder anzunehmen, dass die Verschiebung grösserer, zwischen Spalten gleichsam isolirter Theile, die Bewegung der Gletschermasse bedingten.

CAP. II.

Die Firnregionen.

Schnee und Firn. Grösse der angehäuften Massen. Structur. Firn; Hoch- und Tief-Firn. Körnerschnee; Hocheis. Consistenzveränderung mit dem Temperaturwechsel. Schmelzbarkeit des alten und neuen Schnees. Lawinen. Staublawinen. Rolllawinen. Rädchen, Streifung der Firnmeere. Characteristik der Firnmeere. Einförmigkeit. Begrenzung nach oben. Eistrinnen, Spalten und Höhlen. Schichtung des Firnes. Verwerfung in eingestürzten Höhlen. Schneegänge. Uebergang von Firn in Eis. Einfluss der Form, der Wasserdichtigkeit der Unterlage. Gletscher auf Kalk. Versuch über die Wirkung des Druckes.

Schnee und Firn.

Ein Gletscher besteht bekanntlich aus zwei Theilen; der eine ist festes Eis, der eigentliche Gletscher; der zweite ist die Anhäufung von körnigem Schnee, das Firnmeer. Das letztere liegt in dem höheren Theile des Thales und nimmt die grossen Mulden ein, in welche die meisten Alpenthäler enden.

Die Firnmeere bilden einen passenden Ausgangspunct, um den Gletscher in den verschiedenen Stufen seiner allmählichen Entstehung und Entwicklung kennen zu lernen. Wir vereinigen mit unseren Beobachtungen über diesen Gegenstand noch einige Bemerkungen über das so verschiedenartige Auftreten des Schnees in den Hochregionen im allgemeinen.

Die Ausdehnung der Firnmeere ist gewöhnlich sehr bedeutend; sie überrascht um so mehr, da die Firnregionen, von den tieferen Puncten gesehen, theils wegen ihrer Lage in den hintersten Theilen der Hochthäler, theils wegen ihrer geringen Neigung sehr verkürzt erscheinen.

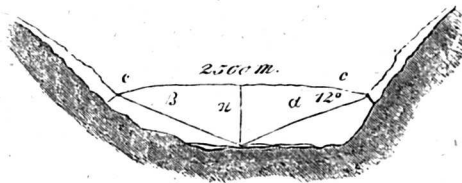
Das Bestehen der Gletscher hängt mit der Grösse dieser Firne sehr innig zusammen. Aus ihnen erhalten sie die neuen Massen, welche sie dem zerstörenden Einflusse der Temperatur in tieferen Lagen entgegenstellen.

Die Dimensionen der Firnmeere können wir mit folgenden Zahlenangaben charakterisiren. Ihre Oberfläche ist nicht selten das Drei- und Vierfache von jener des eigentlichen Gletschers, wobei vor allem ihre Breite den Ausschlag gibt, während ihre Länge jener des dazu gehörigen Gletschers im Allgemeinen nachsteht. Die Tiefe des Firnes ist so gross, dass es wohl nie gelingen wird, sich durch directe Messung davon zu überzeugen. Allein die Betrachtung der Form und der Dimensionen ihrer Lagerstätten gibt uns einige Anhaltspunkte, ihre Massenhaftigkeit zu beurtheilen.

Die mittlere Breite des Firnmeeres ist bei grossen Gletschern nach Messungen von FORBES, AGASSIZ und unsern eigenen nicht unter 2500 Metern; ja es ist diess beinahe ein Minimum. Am Glacier des Bois beträgt die Breite des Firnmeeres für den linken Zufluss allein (*glacier du géant*) an manchen Stellen an 5 Kilometer nach FORBES' Karte. Auf der Pasterze fanden wir die geringste Breite = 2694 Meter, die grösste = 4410 Meter.

AGASSIZ giebt in seiner sorgfältigen Triangulation des Unteraargletschers, ausgeführt durch den Ingenieur Joh. WILD¹⁾, die Breite des austretenden Gletschers (Linie II—III) 1693,9 M., die Firnmeere sind dabei keiner speciellen Messung unterworfen; allein ein Blick auf eine Karte derselben zeigt hinlänglich, dass die mittlere Breite weit mehr als 2500 Meter beträgt.

Fig. 8.



Durchschnitt des Firnmeeres; c, c = Bergschrund.

Es sei nun in dem nebenstehenden idealen Durchschnitte eines Firnmeeres und der begrenzenden Wände 2500 Meter die Breite, und die Winkel bei α und β 12° , was eine mässige Annahme ist, so ist $n = \operatorname{tg} 12^\circ \cdot \frac{2500}{2}$

$$= 0,21 \cdot 1250 \\ = 263 \text{ Meter}^2).$$

Da dieser Berechnung nur mittlere Werthe zu Grunde liegen, so darf ihr Resultat in der Natur gewiss in vielen Fällen übertroffen werden. Andere Beobachter haben gleichfalls häufig Tiefen angegeben, welche noch weit bedeutender sind als die eben abgeleitete³⁾.

Die Structur dieser Massen verdient ebenfalls unsere Aufmerksamkeit. Die in diesen Mulden angehäuften Massen, ursprünglich als Schnee hier abgesetzt, haben ihre frühere Form etwas verändert. Regen, welcher sie während des Sommers bisweilen befeuchtet⁴⁾, und vorzüglich das eigene Schmelzwasser machen es möglich, dass sich

1) *Syst. glac. Géodésie* S. 59.

2) Um ein Bild einer solchen verticalen Tiefe zu geben, darf vielleicht angeführt werden, dass sie beinahe das Doppelte der Höhe des Thurmes am Strasburger Münster (142 Meter = 436 P. F.) beträgt.

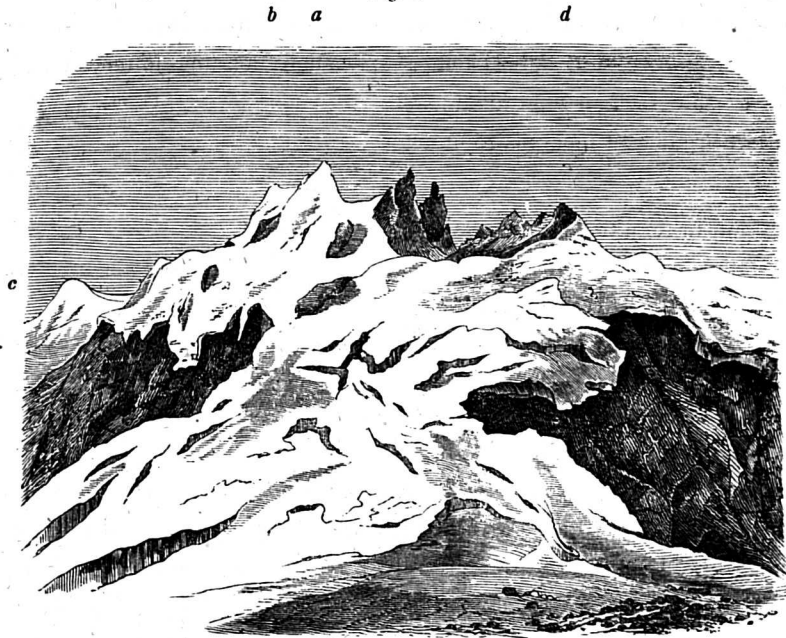
3) AGASSIZ (*Système* S. 90.) schätzt am Aargletscher beim Abschwunge das feste Eis zu 460 Meter Tiefe.

4) Ueber die Verhältnisse und Menge der atmosphärischen Niederschläge siehe Meteorologie.

an einzelne Eisnadelchen oder um Gruppen derselben neue Schichten anlegen und so Körner entstehen, deren Grösse nach und nach etwas zunimmt. Diese Umwandlung ist nicht auf die Alpen allein beschränkt; sie geht überall vor sich, wo der Schnee den Einwirkungen der Atmosphäre längere Zeit widersteht. Der körnige Schnee, den wir im Frühlinge als letzte Spur des Winters an manchen beschatteten Plätzen finden, ist dem Firne wesentlich gleich; nur ist hier die Umwandlung in Körner erst seit wenigen Tagen eingeleitet, während in den Hochregionen diese Metamorphose sich auf Jahre ausdehnt und so grössere Producte liefert.

Die Firnmassen sind in den Hochregionen der Alpen sehr verbreitet; sie erfüllen nicht nur die Mulden der Firnmeere, sondern bedecken in grösseren oder kleineren Parthieen die Seiten der Kämme; ein schönes Bild ihrer Masse und Vertheilung können die Abhänge der Glocknerleiter geben, wo nur einige secundäre Gletscher, das übrige Firnmassen sind.

Fig. 9.



Firne des Grossglockners in der Nähe des kleinen Burgstalles gesehen (bei 8900 P. F.).

a. Zweite Spitze des Grossglockners 12158 p. F. b. 1ste Spitze. c. Schwerteck d. Inneres Glocknerkahr.

Die Bildung des Firnes ist jene Umwandlung des Schnees, welche wir als die normale bezeichnen können; da wir in der Höhe und Tiefe Spuren davon finden; doch ist auch sie an gewisse climatische Verhältnisse gebunden, welche mit absoluten Höhengrenzen fast zusammenfallen. An den jähren Seiten der höchsten Alpengipfel findet sich nämlich kein Firn. Die festen atmosphärischen Niederschläge, denen man auch dort begegnet, haben zwei Formen, die gewöhnlich «Hörnerschnee» und «Hocheis» genannt werden. Der erste entsteht, wenn das Schmelzen der Oberfläche nicht Flüssigkeit genug

liefert, um die Firnmetamorphose einzuleiten. Dort bekümmert der Schnee nur eine dünne, aber hart gefrorene Decke, ähnlich wie bei uns, wenn reine kalte Nächte auf warme Wintertage folgen¹⁾. In der Tiefe tritt dabei keine Veränderung ein. Seine leichte Beweglichkeit, verbunden mit der hohen, allen Winden preisgegebenen Lage, macht diesen feinkörnigen Schnee zum Spielballe des Sturmes. Oft, während tiefere Gegenden fast Windstille haben, herrscht in diesen Höhen ein unwiderstehlicher Orcan. Er wirbelt den feinen Schnee nicht selten bis 20 Meter empor. Dieses Phänomen ist besonders häufig zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche des Frühlings; es ist den Bewohnern der Alpen wohlbekannt, und wird das »Stäuben« oder »Rauchen« der Berge genannt. Von den Wirkungen des Sturmes finden sich auch an ruhigen Tagen noch mächtige Spuren. An den ausgesetztsten Lagen sind bisweilen grosse Schneewände, Kuppeln und Gewölbe hingebaut, nicht selten den einzig möglichen Weg längs einer Felsenkante versperrend.

Nur bei sehr geringer Tiefe des Schnees vermag die Wärme des Sommers in Verbindung mit den kalten Nächten eine totale Vereisung hervorzubringen. Diess ist die zweite Form, das Hocheis, das wegen seiner Härte und Glätte eines der bedeutendsten Hindernisse bei Bergwanderungen werden kann. Sein Vorkommen und seine Verbreitung ist ganz von der mittleren Sommerwärme und der Menge atmosphärischer Niederschläge abhängig. So fanden wir 1848 dieselben Gipfel und Kämme mit Eis überzogen, welche im kalten und feuchten Sommer 1847 eine mehrere Fuss tiefe Schneedecke hatten. Das Auftreten des Hocheises hängt vor allem mit der ganzen Tiefe der Schneelage zusammen. Man sieht dies besonders schön daran, dass es sich auch mitten im tiefen Firne bildet, sobald einzelne feste Gesteinsgruppen bis nahe an seine Oberfläche oder über dieselbe heraufreichen. Das Schmelzwasser wird verhindert in die Tiefen zu sinken; es durchtränkt den Schnee, und veranlasst dadurch das Entstehen von Eisplatten, welche uns bisweilen nicht uninteressante Winke über die Configuration des Bodens auch unter der allgemeinen Schneedecke gaben. Eine Höhengrenze dieses Eises ist wegen seines Zusammenhanges mit so localen Umständen schwer zu bestimmen; die steilen Abhänge und Kämme der Alpen sind seiner Bildung vorzüglich günstig; wir können im Mittel vieler Beobachtungen 10000 Fuss als seine untere Grenze betrachten, über welcher es bis zu den höchsten Gipfeln sehr häufig auftritt.

Die Temperatur hat auch auf Firn, dessen Metamorphose bereits vollendet ist, einigen Einfluss, indem sie die Consistenz seiner Oberfläche verändert. Mit der Wärme lockert sich der Firn auf und zeigt sich erst jetzt recht deutlich als ein Aggregat von Körnern; fällt hingegen das Thermometer unter 0°, so wird die Masse wieder fest, indem sie jetzt wie durch einen festen Cement durch jene Feuchtigkeit verbunden wird, die früher zwischen den Körnern im flüssigen Zustande vertheilt war; ja bei grosser Kälte wird der Firn so hart und gleichförmig dass man Mühe hat, die Körnergrenzen zu erkennen; doch

¹⁾ In den Polarregionen wird eine solche Decke oft so stark, dass sie die mit Hunden bespannten Schlitten trägt; grössere Thiere aber sinken stets ein.

bleiben diese Veränderungen auf wenige Meter Tiefe beschränkt. Eine Auflockerung, welche ein völliges Versinken beim Betreten möglich machte, findet jedoch nie statt. Ein Hinabtreten von 2 bis 3 Fuss ist ein Maximum, welches man nur an sehr schönen Tagen zu fürchten hat. Es ist gewiss von grossem Interesse, damit die ausserordentliche Auflockerung des Schnees in den Hochregionen der Anden zu vergleichen, welche Alexander von HUMBOLDT bei seiner Besteigung des Chimborazzo beobachtete¹⁾.

Firn und Schnee unterscheiden sich ausser der Structur auch noch dadurch, dass der Firn schwerer schmilzt, dass also frischgefallener Schnee auf dem Firne ebenso wegschmilzt wie auf festem Gesteine oder auf dem Eise des Gletschers. Ja selbst dann, wenn noch keine sehr ausgesprochene Firnentwicklung eingetreten ist, zeigt sich dieser Unterschied. In den Hochalpen geschieht es nicht selten, dass bei sommerlichen Schneefällen der frischgefallene Schnee von einer Unterlage verschwindet, die nur wenige Monate älter ist.

Man dürfte fast zweifeln, ob man im Stande wäre, alten und neuen Schnee als solchen mit Bestimmtheit zu erkennen, da beide ursprünglich weiss sind, und da die Vergrösserung der Körner beim Uebergange in Firn nur sehr allmählich erfolgt. Allein die ursprünglich weisse Farbe wird weit schneller als die Structur der Masse verändert, wenigstens an der Oberfläche. Die Bewegung der Atmosphäre durch Wind und den aufsteigenden Luftstrom führt so viel Staub, so viele organische und unorganische Theilchen in die Höhe, dass die Oberfläche des Schnees nach kurzer Zeit das blendende Weiss verliert. Der Firn hat sogar einen ziemlich dunklen, röthlich grauen Ton, der ihn von dem frisch gefallenen Schnee schon in grosser Entfernung unterscheiden lässt. Auch im Inneren des Firnes und selbst des frischen Schnees sind stets viele Theilchen zu entdecken, die gleichzeitig mit ihm niederfielen: so genügt schon das Thauen desselben, diese Körper, die anfangs durch die ganze Masse vertheilt waren, an der Oberfläche immer mehr anzuheften. Man kann demnach, durch die Färbung unterstützt, auch nach kurzen Perioden das Schmelzen des neuen Schnees auf altem beobachten; selbst in den Ebenen lässt sich diess bei langsamen Thauen bemerken, wenn die einzelnen Schneefälle in grösseren Zwischenräumen statt gefunden hatten.

Der Grund für die leichtere Schmelzbarkeit des jüngeren Schnees liegt darin, dass derselbe um so weniger Berührungsstellen mit der Luft bietet, je körniger er ist. Für alle Grade über 0° ist das Eis nicht leitend, weil alle zugeführte Wärme nur dazu verwandt wird, seinen Aggregatzustand zu ändern. Die Mittheilung der Wärme aus dem umgebenden Medium, Luft oder Wasser, ist nur auf die Oberfläche möglich. Je grösser diese im Verhältnisse zur Masse ist, desto schneller wird das Schmelzen vor sich gehen. So lässt sich leicht einsehen, warum frisch gefallener Schnee der Wärme am schnellsten unterliegt. Man kann diesen Satz direct bestätigt finden, wenn man von zwei gleichgrossen Eisstücken das eine im Ganzen schmelzen lässt, das andere vorher zerstückelt.

1) SCHUMMACHERS astronom. Jahrbuch für 1837. S. 176.

Der höchste Punct an dem wir ähnliches Schmelzen beobachteten, war eine Stelle an den Similaunfirnen bei 3500 Meter (10800') absoluter Höhe. Nach unten werden solche Stellen weit häufiger und zeigen sich besonders nach plötzlichen Schneefällen im Hochsommer. Es findet sich in den Alpen in vielen Thälern für das Abschmelzen des Schnees das intransitive Zeitwort »abern, ababern¹⁾«; man könnte, diesen Stamm benutzend, die Umrisse des schmelzenden Schnees »Aberlinien« nennen.

Lawinen.

Die Wirkungen des Schnees durch sein Herabfallen als Lawine sind zwar selbst in den Alpen nur auf bestimmte enge Localitäten beschränkt, allein, sie haben auf die Zertrümmerung und Verwitterung des Gesteines, auf das Zurückhalten von grossen Wassermassen und die Zerstörung von Waldungen so bedeutenden Einfluss, dass wir hier die Erscheinung an sich nicht ganz übergehen dürfen, da wir ihre Wirkungen in späteren Abschnitten noch einige Male berühren werden.

Man unterscheidet im Allgemeinen Staub- und Roll-Lawinen. Die Staublawinen entstehen da, wo grosse Massen lockeren Schnees durch locales Zurückprallen der Winde zusammengeweht werden. Wenn sie sich auf den oft stark geneigten Flächen so sehr angehäuft haben, dass ihr Gewicht durch die Reibung gegen die Unterlage nicht mehr zurückgehalten werden kann, so stürzen sie plötzlich und mit grosser Gewalt in die Thäler hinab. Ihre Abhängigkeit von gewissen Localitäten bedingt eine ziemlich regelmässige Wiederkehr derselben; es gibt daher viele Stellen in den Alpen, welche von öfteren Lawinenfällen betroffen, als »ungeheuer« (unsicher) bezeichnet und in der Anlage von Alpenhütten und Wohnhäusern sorgfältig vermieden werden. Bei weniger gefährlichen Plätzen genügt es jedoch die Häuser durch einen Wall von Steinen zu schützen; diese Lawinenmauern sind in vielen hochgelegenen Alpendörfern mit gutem Erfolge und in grosser Ausdehnung eingeführt worden. Das »Losbrechen« oder »Niedergehen« dieser Lawinen wird meistens im strengen Winter nach anhaltenden Schneefällen veranlasst, besonders wenn Wirbelwinde damit zusammentreffen. Während des Falles wird die Luft mit solcher Schnelligkeit vor der Lawine hergetrieben, dass schon dieser Windstoss ungeheuerere Verheerungen anrichtet, noch ehe die Lawine selbst ankommt. Man hat sie daher auch »Wind- oder Schlaglawinen« genannt. Bei ihrer Schnelligkeit ist ein Entrinnen unmöglich; fast regelmässig erliegen ihnen eine Zahl von Unglücklichen, welche gegenüber der sparsamen Bevölkerung dieser Gegenden keine unbedeutende zu nennen ist.

¹⁾ In Tyrol spricht man abbern, fast apern; in manchen andern Theilen der Alpen ganz weich: awern.

Ihre Region beginnt an den kahlen, steilen Abhängen oberhalb der Grenze der Coniferen. Stämmige Bäume verhindern sehr ihr Entstehen und Vordringen; die Einrichtung der »Bannwälder« ist daher in der Schweiz, Tyrol und Kärnten überall verbreitet; und die letzten schönen Bestände von Zirbeln und Lärchen werden als Beschützer der menschlichen Culturen sorgfältig geschont. Zuweilen werden jedoch auch solche Schutzwälder durchbrochen, wenn die Lawine in bedeutender Höhe entsteht und so mit ganzer Gewalt schon auf sie herabkommt. Die schönsten Bäume von mehr als 4 Meter Umfang werden 2 bis 3 Fuss über dem Boden abgebrochen, und ihre oberen Theile in wilder Unordnung zusammengehäuft. Sie geben uns so ein schönes Bild der Kraft und der Ausbreitung der Lawinen, welche sich deltaförmig nach unten erweitern, und dadurch allmählich an Heftigkeit abnehmen¹⁾.

Sie bilden besonders an Einschnitten und Schluchten der Thalgehänge bandartige Blössen durch die Wälder, welche so den Gang der Lawinen bezeichnen, die an solchen Stellen als ein ganz regelmässiges Phänomen sehr häufig mit bestimmten Namen bezeichnet werden. In den höheren, meist engen Thälern, wo ihre Massen, vor Besonnung geschützt, der mässigen Wärme des Sommers widerstehen, bilden sie oft Brücken über die Schluchten, welche durch die Erosion der Alpenbäche eine Tiefe von 7 — 10 Metern erreichen. Sie ereignen sich in jedem Frühjahr und werden gewöhnlich als Uebergangsstellen benutzt. Jedoch im Herbst wird der Abstand ihrer Ränder von den Wänden der Schlucht durch Reflexion der Wärme immer grösser, was sie allmählich unzugänglich macht. Ihre ursprüngliche Schneemasse wird schon in den ersten Monaten in grosskörnigen Firn verwandelt; ihre Wände, gegenüber den Felsen der Schlucht, zeigen sehr schön die löffelförmigen Erosionsflächen, die wir schon früher besprochen haben. Auch das Abbrechen der Gletscher- und Firnmassen bildet ähnliche Lawinen-Brücken.

Fig. 10.



Lawine im Oetzthale 5410'; a. der secundäre Gletscher, unter ihm die dunkle Schlucht, der Lawinenzug; b. die Oetz.

Für das regelmässige Wiederkehren der Lawinen an bestimmten Stellen sprechen auch mehrere historische Nachrichten. So erwähnt WALCHER²⁾, dass die Reste einer Lawine nahe beim Vernagt-Ende als Brücke über den Bach diente. Auch wir fanden sie (73 Jahre später) an derselben Stelle wieder.

Eine besonders ausgezeichnete Lawinenbrücke dieser Art theilen wir im beigefügten Holzschitte mit. Sie erneuert sich durch die Abbrüche des Glaceiergletschers jedes Frühjahr, und

1) Solche Rinnen heissen »Lauizüge« = Lawinenzüge in der Schweiz, »Lahnenrunst« in Tyrol.

2) Nachrichten von den Eisbergen in Tyrol. Wien und Leipzig 1774. S. 21.

erhält sich noch zum grossen Theile bis Ende Sommers. Hier ist ihre Grösse im Anfange des Mai gegeben.

Eine andere Entstehung haben die Rolllawinen; sie beginnen mit einem Balle, der sich beim Herabrollen über schiefe Schneeflächen schnell vergrössert. Allein hat dieser einen Durchmesser von wenigen Fussen erlangt, so theilt er sich wegen der geringen Consistenz der Massen und der Erschütterung während der Bewegung bald in zwei bis drei Theile; diese vergrössern sich aufs neue und theilen sich wieder; so erreicht zuletzt ein Aggregat von Schneebällen das Thal, die nur selten $\frac{1}{2}$ Meter im Durchmesser haben. Wegen der Reibung im tiefen Schnee ist ihre Geschwindigkeit nicht bedeutend; bei der ungleichen Bewegung einzelner Theile dürfte nach unseren Erfahrungen 3 Meter in der Secunde ihre mittlere Schnelligkeit sein. Sie haben eine grosse Breite und geringe verticale Tiefe, während bei Windlawinen die grosse Masse auf einen kleinen Raum mit ganzer Heftigkeit herabstürzt. Die Periode der Rolllawinen ist die des anfangenden Thauens im Frühjahr, denn nur feuchter Schnee vermag sich gehörig zu ballen; körniger Schnee und Firn bilden niemals Rolllawinen. Wir beobachteten sie sehr schön auf der Benedictenwand am 4ten Mai 1847; es zogen sich zwei derselben gleich Strömen durch eine breite Schneemasse, die eine Tiefe von 30 bis 40 Fuss hatte. Die Cohärenz ihrer Massen bewirkt, dass sie schwerer schmelzen als der Schnee zu ihren Seiten. Schädlich werden die Rolllawinen vorzüglich dann, wenn das Thauen nicht nur den Schnee weich gemacht hat, sondern auch die Unterlage etwas auflockerte; sie führen dann die Decken von Gras und Humus mit sich in die Tiefe, und die entblössten Felsen bleiben auf lange Zeit vegetationslos. Diese »Grundlawinen« werden besonders für höhere Alpengulturen sehr gefürchtet.

Wir können an diese bekannten Formen der Lawinen noch eine andere verwandte Erscheinung anreihen, welche wir hauptsächlich an den Abhängen der höchsten Alpenregionen und an Firnmeeren beobachteten; wir möchten den Namen »Schneerädchen« für dieselbe vorschlagen. Wird die hartgefrorene Decke des Körnerschnees durch Winde oder durch unsere eigenen Tritte aufgerissen, so lösen sich kleine Platten los, welche in senkrechter Stellung die Abhänge hinabrollen. Die grössten haben anfangs $\frac{1}{2}$ Meter Durchmesser; sie runden sich jedoch sehr bald ab, und sind im Allgemeinen $1\frac{1}{2}$ bis 3 Decimeter gross. Ueber eine hart gefrorene Kruste gehen sie spurlos hinweg; sobald sie aber weichen, aufgelockerten Firn erreichen, ziehen sie feine Furchen, die sich von oben nach unten nicht vergrössern, da sich an das Rädchen nichts anlegt. Im Gegentheile, es begleitet seinen lebhaften Lauf ein ununterbrochenes Emporfliegen kleiner Schneemassen, die theilweise von der Unterlage aufgehoben, theilweise von dem Stücke selbst durch die Schnelligkeit der Rotation abgerissen werden. Bei jeder Besteigung eines grösseren Alpengipfels kann man diese »Schneerädchen« beobachten, und man sieht ihrem Laufe mit weniger Gleichgültigkeit zu, wenn man durch sie auf die steile Neigung der Wände zu beiden Seiten des Weges aufmerksam gemacht wird. Sie finden sich besonders an den höchsten Abhängen: an der Jungfrau, an der Wildspitze, dem Similaun, Finail u. s. w., und machen sich

als eine Reihe feiner, paralleler Streifungen an stark geneigten Schneelagen schon von weitem bemerkbar. Sie sind am Similaun in einer der folgenden Zeichnungen angedeutet. Sehr belehrend sind uns diese Linien auf den Firnmeeren secundärer Gletscher, wenn sie nicht von beträchtlichen Erhebungen umgeben sind. Wir sahen sie in ganz

Fig. 11.



Plan von einem Theile des Firnmeeres am Leitergletscher. *a.* Felsige Begrenzung dieser Mulde. *b.* Aus dem Firne hervorstehende Felsenküme, von Firnspalten umgeben. Maasstab = 1 : 30000.

vorzüglicher Schönheit am Leitergletscher; sie bildeten dort zahllose leicht geschlungene Linien, die wie in der beigefügten Figur gruppenweise sich in eine Spitze vereinigten.

Da wir gerade an den Gletschern gezwungen sind, auch auf die kleinsten Contouren zu achten, so waren wir von dieser Erscheinung nicht wenig überrascht. Die Structur der Ogiven, der blauen Bänder und manches Andere für den Gletscher von so grosser Wichtigkeit, ist bei weitem unbestimmter; was war natürlicher, als dass wir auch diese Linien von so vieler

Deutlichkeit mit dem Wesen des Firnes verkettet glaubten? Als wir sie am Leitergletscher das erste Mal beobachteten (um 4 Uhr morgens bei der Besteigung des Grossglockners), war alles in der Nähe so hart gefroren, dass keine Schneesäulen uns die Entstehung dieser Linien verrathen konnten. Durch klinometrische Versuche wurden wir aufmerksam, dass diese Linien genau die Richtung der grössten Neigung waren; jetzt war es auch leicht ihren Ursprung einzusehen. Einige Nachgrabungen, die wir sogleich anstellten, bestätigten unsere Ansicht in so fern, als sie zeigten, dass diese Linien nur auf die unmittelbare Oberfläche sich beschränkten. Die Schnelligkeit, mit welcher eine solche Hocheisplatte herabrollt, wird durch die Strecke, welche sie durchläuft, so gross, dass kein Hinderniss der Unterlage sie aus jener Richtung zu bringen vermag, welche sie dem Zuge der Schwere gemäss eingeschlagen. Sie machen zwar über Steine oder über Schneehäufchen bedeutende Sätze, allein ohne aus der Richtung ihres Laufes entfernt zu werden. Sie werden deshalb für die Beurtheilung der gegenseitigen Lage der grössten Neigungen sehr belehrend. Wäre die Mulde des Firnes ganz regelmässig, so müssten alle diese Linien ähnliche Stellungen gegen einander haben und in der Mitte sämmtlich parallel laufen.

Die Firnmeere grosser Gletscher sind im Allgemeinen nicht geeignet, dieses Phänomen in seiner ganzen Ausdehnung uns kennen zu lehren, da ihre Neigung meist zu gering ist; nur ein Mal fanden wir sie am Firnmeere der Pasterze an einem schmäleren Theile zwischen dem Johannisberge und dem Glocknerkamm. An den Firnmeeren secundärer Gletscher sind sie häufiger, vor allem wegen der grösseren Neigung, die dort herrscht. Sie geben uns sehr werthvolle Aufschlüsse über die Masse kleinerer Mulden,

welche sich hier zu dem allgemeinen Firnmeere vereinigen. An dem Leitergletscher am Fusse des Grossglockners war die Zusammensetzung besonders mannigfaltig. Schon an seinem Ende fielen uns die acht kleinen Mittelmoränen auf, obgleich der Gletscher seiner ganzen Lage nach als ein einfacher erschien. Hauptsächlich die Linien der Schneerädchen waren es, welche uns auf die Theile auch seines Firnmeeres aufmerksam machten. Ein Ueberblick derselben bestätigt ihren Zusammenhang mit der Neigung von einem höher gelegenen Punkte; sie erscheinen uns dann wie die wohl geordnete Schraffirung einer Karte, die sich allen Nüancen des Terrains anpasst.

Characteristik der Firnmeere.

Während am Gletscher bei jedem Schritte ein veränderter Anblick unsere Aufmerksamkeit fesselt, zeichnet sich das Firnmeer durch seine Oede und Einförmigkeit vor allen Alpenlandschaften aus. Die Neigung ist so gering und die Dimensionen der Firnfelder sind so gross, dass wir lange Zeit wandern müssen, ehe sich neue Gegenstände unserem Auge bieten. Nichts erinnert uns dann an die grosse Höhe, in der wir uns befinden, als das tief blaue Firmament über uns oder einige beeiste Alpengipfel, deren weisse Contouren bei der Durchsichtigkeit der Atmosphäre und der Dunkelheit des Hintergrundes in wunderbarer Klarheit, aber auch nicht ohne grellen Contrast, hervortreten. Das Uebrige gleicht fast einer winterlichen Haide. Nur bisweilen ist die Oede von den Spalten und Höhlen im Firne unterbrochen, deren wundervolles blaues Licht wir bereits besprochen. Dieselben sind besonders ausgezeichnet am Firnmeere der Pasterze.

Zwischen mehreren colossalen Felsen, den beiden Burgställen und den Klippen der Wasserfallgletscher, die Säulen gleich aus den tiefen Massen sich erheben, lagert hier das Firnmeer hinter dem Gletscher in amphitheatralischen Terrassen. Hat man mit vielen Umwegen ihre Höhe erreicht, so ist man nicht wenig erstaunt, ein Labyrinth von Spalten im Firne zu erblicken, so zahlreich, so riesig, wie festes Eis sie niemals zeigen wird. Sie hängen hier weit ausschliesslicher mit den Contouren der Unterlage zusammen, als am Gletscher; daher ist es leichter, an hervorragenden Felsen, an kleinen Unebenheiten des Firnes selbst zu errathen, wo die Spalten sich finden, auch wenn sie eine Decke von darüber gewehtem Schnee mit einer trügerischen Brücke versehen hat.

Da das Auge hier gar keinen Anhaltepunkt hat, Entfernungen zu messen, so schätzt man die Grösse des Weges immer bei weitem zu gering, und die Durchsichtigkeit der Atmosphäre trägt bei, diese Täuschung zu vermehren. Häufig geschieht es auch, dass wellenförmige Unebenheiten mit scharfen Contouren gegen den blauen Himmel abstechen, und uns lange Zeit als die Grenze des Firnmeeres erscheinen, während hinter ihnen aufs neue ungeheure Massen sich ausdehnen. Allein hat man erst die Höhe eines Firnmeeres erreicht, so steht man, wie zu erwarten, auf der Wasserscheide zweier Thäler.

In der Regel ist auch auf der zweiten Seite Firn- und Gletschermasse zu sehen. Dann führen solche Pässe nur den Namen von dem grösseren der beiden Gletscher;

es wäre aber sehr unrichtig, wenn wir glauben wollten, der Gletscher ziehe sich über das Joch hinüber. Jede Firnmasse gehört, je nachdem sie auf der einen oder der anderen Seite liegt, einem anderen Gletschergebiete mit demselben Rechte an, mit welchem auch die Stromsysteme zweier Flüsse getrennt werden, die in einem einzigen Kamme zusammenstossen.

In manchen Fällen wird durch eine plötzliche jähe Senkung alles grössere Anhäufen von Schnee und Firn durch die Gestalt der Unterlage unmöglich gemacht. Ja es geschieht nicht selten, dass auf der einen Seite ein sehr regelmässiges, langgestrecktes Thal sich befindet, während der Abfall der entgegengesetzten Seite oft senkrechte Wände von mehreren tausend Fuss zeigt. Erst tiefer unten zeigen sich secundäre Mulden, in denen unbedeutende Firn- und Gletschermassen sich finden. Besonders bei ähnlichen, steilen Abfällen hat man nicht selten am Ende der Firnmeere eine ausgedehnte und äusserst lehrreiche Uebersicht der verwickeltesten und höchsten Alpenzüge.

Bei dem innigen Zusammenhange der Gletscher mit der Thalbildung lässt sich über Richtung gegen die Himmelsgegenden kein bestimmtes Gesetz erwarten; sie folgen ausschliesslich den regelmässig gebildeten Thälern, und es wäre sehr falsch, wenn wir glauben würden, dass eine südliche Exposition der Ansammlung von Firnmassen in diesen Höhen noch wesentliche Hindernisse entgegenstellen könnte; wir finden an mehreren Stellen der Alpen, am Montblanc, Monte Rosa und Grossglockner sehr entwickelte Gletscher, wie den Glacier des Bois, Lysgletscher, die Pasterze in einer fast rein südlichen Richtung.

Wenn ein Firnmeer, wie jenes der Pasterze nach hinten so endet, dass durch steile Wände eine zweite Firn- und Gletscherbildung auf der andern Seite unmöglich wird, so können durch tiefere Einschnitte in dem begrenzenden Kamme sehr merkwürdige Entblössungen des Firnes herbeigeführt werden. Wir dürfen uns nämlich den ringförmigen Wall, welcher die Mulde schliesst, nicht ganz gleichmässig denken. Es sind mitunter Einsattlungen der Kämme vorhanden, welche unter das Niveau des angehäuften Firnes reichen, und dann ist es möglich, von der anderen Seite Entblössungen und verticale Durchschnitte zu sehen, welche bis zu 150 Meter betragen können und die Schichtung des Firnes auch in diesen Höhen sehr deutlich zeigen. Wir beobachteten sie am schönsten am Ausgange des Firnmeeres der Pasterze zwischen dem Johannisberge und den Glocknerkämmen, und am Ende des grossen Oetzthalgletschers gegen das Pfossenthal. Die Zahl der Schichten schwankte zwischen 40 und 50.

Mitunter brechen Massen dieser Firnschichten ab; sind die Wände sehr steil, so fallen sie vereinzelt in bedeutende Tiefen und schmelzen spurlos ab. Finden sich jedoch kleine Schluchten in diesen Stellen, so sammeln sich hier an den schattigen Seiten grössere Schneemassen an, welche die Schlucht während des ganzen Jahres theilweise ausfüllen und mit dem Namen »Eisrinnen« in den östlichen Alpen bezeichnet werden. Eine besonders ausgedehnte findet sich im Pfossenthale, von den Bruchstücken des Oetzthalfirnes unterhalten.

Die Ausdehnung der Firnmeere haben wir früher bereits kennen gelernt; jedoch ist diess kein Massstab für die Zeit, die wir anwenden müssen, sie zu durchwandern. Man bringt sehr häufig 5 bis 6 Stunden zu, um von der Firngrenze an das äusserste Ende des Firnmeeres zu gelangen.

Der grössere Zeitaufwand liegt vor allem in den bedeutenden Umwegen, zu welchen wir durch das Umgehen der zerklüfteten Stellen gezwungen werden. Da wir nur bei günstigem Wetter solche Expeditionen unternehmen können, so kommt ein neues Hinderniss durch die Auflockerung des Firnes hinzu. Man sinkt oft während stundenlangen Wanderns 1 bis 2 Fuss in die lockern Firnkörner ein; es müssen daher die Führer stets im Vorausgehen abwechseln, weil dieses Bahntreten sehr ermüdet.

Die Spalten des Firnes haben bei weitem nicht die Regelmässigkeit wie jene am Gletscher, und zeichnen sich vor diesen auch durch ihre Grösse aus. Wegen der leichteren Schmelzbarkeit des Firnes werden sie von der eindringenden Luft höhlenartig erweitert; bei der unregelmässigen Vertheilung der Spalten kreuzen sich bisweilen mehrere derselben und bewirken so eine grosse Zertrümmerung und Verwerfung der Firnlager. Ihre Ränder sind weit weniger scharf begrenzt, als im festen Gletschereise; sie ragen manchmal weit hervor und bedecken theilweise die grossen Oeffnungen der Spalten.

Oft lässt uns eine kleine Gruppe derselben besonders in der Nähe von weiteren Rissen erkennen, dass sie alle nur zu einer einzigen Höhle gehören, deren Firndecke stellenweise durchbrochen ist. Diese Decken der Höhlen kommen hauptsächlich in den oberen Theilen der Firnregionen vor; wir haben ein charakteristisches Beispiel derselben vom Firnmeer der Pasterze beigefügt.

Die häufigen Stürme in diesen Regionen wehen den frisch gefallenen Schnee in einer dünnen Decke über die Ränder der Klüfte hin; man wendet daher überall in den Alpen die bekannte Vorsicht an, sich an solchen Stellen zur grösseren Sicherheit mit Seilen zu verbinden.

Die Spalten des Firnes, haben, wie schon erwähnt, eine nur sehr locale Verbreitung; und man kann oft grosse Strecken zurücklegen, ohne einen Gegenstand zu finden, der das Monotone dieser Regionen unterbricht. Selbst die höchsten Berge der Alpen, welche diese Firnlager umgeben, zeigen von hier gesehen eine so geringe relative Höhe, dass sie ungeachtet ihrer riesigen und wilden Formen im Einzelnen jenen Character des Grossartigen und Majestätischen verlieren, den wir von tieferen Standpuncten aus an ihnen

Fig. 12.



Spalten aus dem Firnmeere der Pasterze in der Nähe des
Johannisberges.

kennen. Nirgends sahen wir die monotonen und weiten Flächen eines Firnmeeres ausgesprochener, als an dem des grossen Oetzthaler Gletschers. Man erhält den besten Ueberblick desselben von dem »steinernen Tische« aus, einer grossen Felsplatte, welche sich an der Begrenzung von Firn und Gletscher findet, und gewöhnlich als letzter Halteplatz benutzt wird. Die umgebenden Felsenwände haben hier nur noch eine sehr

Fig. 13.



Das Firnmeer des Oetzthaler Gletschers. a. Der steinerne Tisch. b. Im Schwärzen. c. Kleinleite. d. Mittercamp. e. Pass in das Pfossenthal.

geringe relative Höhe. Im »Schwärzen« stechen sie dunkel gegen die Firnlager ab, während von den Abhängen der »Kleinleite« sich eine Reihe secundärer, zerklüfteter Firne¹⁾ mit der Hauptmasse vereint.

Wir erhalten hier zugleich ein sehr richtiges Bild von der Vertheilung der Spalten im Firne. Sie gruppieren sich hier in mehrere Systeme. Das erste bilden jene, welche den Fuss der Felskämme in dem »Schwärzen« begleiten. Sie hängen damit zusammen, dass die Felsen nicht mit gleicher Neigung unter dem Firne verlaufen, sondern verschiedene Kuppen bilden, an welchen sich die Firnmasse bricht. Die zweite Spaltenreihe sehen wir in der Nähe des »Mitterkamp«, auf ähnliche Weise entstanden. Ihre Fortsetzung thalabwärts lässt uns schliessen, dass dieser Kamm eine grössere Bedeutung hat, als wir ihm aus weiterer Ferne zuschreiben möchten. Er theilt in der That das Firnmeer in zwei Theile, was auch weiter unten durch eine kleine Mittelmoräne bestätigt wird. Die dritte Gruppe bilden die Spalten auf der »Kleinleite«, welche sich vor den andern durch ihre Unregelmässigkeit und die Grösse ihrer Oeffnungen auszeichnen. Eine Reihe anderer Spalten kann von unserem Standpuncte nicht mehr gesehen werden.

1) In eine dieser Spalten fiel im Sommer 1846 Dr. BÜRSTENBINDER aus Berlin. Er wurde zwar nach grossen Anstrengungen wieder herausgeschafft, aber starb doch wenige Stunden später.

Es beginnt ganz in der Nähe da, wo der Firn aus der weiten Mulde in ein engeres stärker geneigtes Thal tritt und bald völlig in Gletschereis übergeht.

Nicht überall sind die Firnmeere so regelmässig, so wenig geneigt, wie das eben betrachtete. An kleineren, besonders secundären Gletschern sind sie häufig weit geneigter, und scheinen so fast in die Abhänge der Berge überzugehen. Als Beispiel dafür können wir das Hochjoch anführen, vom Rofnerberg im Oetzthale gesehen. Zugleich bemerkt man hier, wie viel schmaler der Gletscher als das Firnmeer ist; der Anfang des festen Eises ist durch das Beginnen der Mittelmoräne kenntlich.

Die Wände der Spalten sind von vielen, meist horizontalen Linien durchzogen, die sich selbst bis zu bedeutenden Tiefen verfolgen lassen. Es sind diess die Begrenzungen der Firnschichten. Wir erwähnten be-

reits, dass älterer Schnee und Firn sich stets mit vielen fremden Theilchen an der Oberfläche bedeckt und so eine dunkle Farbe annimmt; fällt während des Winters eine neue Lage von Schnee darauf, so wird sich bei einem künstlichen oder natürlichen Durchschnitte die Grenze beider Schichten an einer dunklen Linie, der Stelle der schmutzigen Ebene, erkennen lassen. Man kann an einer Spaltenwand oft 20 bis 30 deutlich getrennte Schichten zählen. Ihre Dicke beträgt in den tieferen Lagen $\frac{1}{2}$ bis 4 Meter; aber ganz in der Nähe der Oberfläche finden wir oft eine Reihe von auffallend dünneren. Da die Dicke der einzelnen Firnschichten das Resultat des jährlichen Schneefalles weniger dem sommerlichen Abschmelzen ist, so kann uns die geringe Mächtigkeit gerade der obersten mit Recht überraschen. Allein bei näherer Betrachtung finden wir, dass diese unter sich bei weitem weniger deutlich geschieden sind als die grösseren Schichten. Sie gehören alle dem letzten Jahre gemeinschaftlich an, und die schwachen Linien, welche sie trennen, hängen mit den verschiedenen Perioden der einzelnen Schneefälle zusammen; mit der Zeit scheinen die kleineren, untergeordneten Trennungslinien zu verschwinden; denn in den tiefer gelegenen Stellen sind sie nur selten zu bemerken. Da die unteren Lagen den Druck aller oberen zu tragen haben, so werden sie etwas dünner, was schon bei der zehnten oder zwölften Schicht in manchen Fällen bemerkbar ist, ohne jedoch viel zu betragen.

Da die schwache Decke, welche die einzelnen Schichten trennt, zugleich dem hinabsinkenden Schmelzwasser ein kleines Hinderniss entgegensetzt, so bilden sich in der Regel längs der Schichtengrenzen locale Vereisungen, welche ebenfalls dazu beitragen, das Unterscheiden derselben zu erleichtern.



Der Hochjochgletscher von den Abhängen des Guffar gezeichnet.
a. Finailspitze. b. Pass in das Schnalserthal. c. Neussberg.
d. Mittelmoräne.

An Stellen, welche durch Unebenheiten der Unterlage bedeutende Spalten bedingen, treten oft Verwerfungen der Schichten und ein Abweichen derselben von der horizontalen Lage ein; besonders ist diess der Fall, wenn grosse Höhlen einstürzen. Die Schichtenstellung wird dann eine sehr unregelmässige, indem die einzelnen gesenkten Massen verworren und mitunter in sehr malerischen Formen neben einander lagern. Da ferner die Schichten sich horizontal ausbreiten, während die Oberfläche des Firnes eine geneigte ist, so gehen die obersten Schichten oft keilförmig aus. Allein es ist diess selten sehr deutlich; man erkennt es am besten, wenn Längenspalten diess im Durchschnitte sehen lassen.

In den oberen Regionen des Firnes, wo er noch feinkörniger und das Fallen frischen Schnees häufiger ist, wird er von dem Winde oft aufgewirbelt und in ganz unregelmässigen sehr verschlungenen Formen niedergelegt. Man findet diese Linien, wobei der Schnee oft zu kleinen Häufchen zusammengeweht erscheint, vorzüglich an den ausgesetztesten Parthieen der Hochregionen. Es stellen sich jedoch auch in der Ebene nach heftigen lang andauernden Stürmen nicht selten dieselben Faltungen ein. Wir hörten für diese Form mehrmals den Namen »Schneegänge¹⁾«, und werden am besten denselben beibehalten. Oft bedecken sie einen Abhang so dicht und regelmässig, dass ihre äussere Erscheinung einige Aehnlichkeit mit einem flachen Ziegeldache erhält; sie bilden parallele aber vielfach gefaltete Linien, deren Concavitäten immer gegen die Richtung des Sturmes, der sie bildete, gekehrt sind; ihre Reihen stehen rechtwinklig auf denselben, welche Stellung mit ihnen alle leicht beweglichen Körper, auch die Wellen dem Winde gegenüber gemein haben. Sie erhalten sich bei ruhiger Atmosphäre sehr lange, und bezeichnen uns oft noch nach Wochen die Richtung des letzten Sturmes. Der nächste Wind aber kann den Schnee wieder in ganz andere Falten legen; daher kommt es, dass man diese Schneegänge an derselben Stelle in ganz verschiedenen Richtungen finden kann. Im schneereichen Sommer 1847 bedeckten sie in zahlloser Menge alle Firnmeere der Oetzthalgletschergruppe.

Aehnliche wellenförmige Faltungen der Schneeoberfläche finden sich auch in den Polarregionen und erhalten dort durch ihren Parallelismus für die Reisen an trüben Tagen eine eigenthümliche practische Wichtigkeit. »Die Bewohner der Tundry in Sibirien«, berichtet Admiral von WRANGEL, »durchziehen oft grosse Strecken von mehreren 400 Werst nach irgend einer Niederlassung, ohne in diesen physiognomielosen Einöden einen andern Leiter zu haben, als diese Sastrugi. Sie wissen aus Erfahrung schon, unter welchem Winkel sie die grossen und die kleineren Schneewellen durchschneiden müssen um den Endpunct ihrer Reise zu erreichen«. Man trifft sie dort oft bis zur Höhe von zwei Faden, wobei die Hunde durch das beständige Bergauf- und Bergabziehen der Schlitten unglaublich ermüdet werden²⁾.

1) Schnee - Gangeln in der dialectischen Aussprache.

2) v. WRANGEL's Reise längs der Nordküste von Sibirien und auf dem Eismeere. 1820 — 1824. In FORSTER's Magazin von Reisen. Bd. 38. 1839. Theil 1, S. 312. Theil 2, S. 64.

Der Uebergang von Firn in Eis.

So verschieden auch der ganze Character des Firnes in den Hochregionen und des Gletschers in den unteren ist, diess haben beide mit einander gemein, dass sie in ein Aggregat von Körnern zerfallen. Wir haben zwar gesehen, dass diese Körner in ihrer Form und ihrer Entstehung sich wesentlich unterscheiden, allein nahe lag immerhin für ältere Beobachtungen die Erklärung, dass beide in einander übergehen, dass die Gletscherkörner nur durch Juxtaposition vergrösserter Firn seien, welcher in einer längen Metamorphose immer grösser und so zuletzt zu Gletscherkörnern geworden wäre. Der Umstand, dass das Auftreten der Gletscher mit der Form und Beschaffenheit der Unterlage zusammenhängt, während Firn überall gefunden wird, hat sehr viel zur Einsicht in die Gletscherbildung beigetragen.

Es ist nämlich eine auffallende Erscheinung, dass im Vergleiche zu den vielen Gletschern, welche die verschiedenen Züge der krystallinischen Schiefer aufzuweisen haben, die nicht unbedeutenden Massen der Kalkgebirge so gletscherarm sind. Man hat einen Grund dafür in der grösseren Erhebung dieser Centralmassen der Alpen gesucht, indem man die Abnahme der Temperatur mit der Höhe als wesentliches Moment der Gletscherbildung mit Recht hervorhob. Jedoch ihre Entstehung ist nicht nur durch die climatischen Verhältnisse, sondern auch wesentlich durch die Form der Thalbildung und die Porosität der Unterlage bestimmt.

Sie bedürfen sehr regelmässig geeigneter Thäler, die nach oben in jene weiten Mulden enden, deren Grösse so characteristisch für das Relief der krystallinischen Schiefer ist¹⁾. Sie führen in den deutschen Alpen den bezeichnenden Namen »Kahr« (von kehren, verkehren, wechseln der Gamsen an ähnlichen Stellen) und dieser Name ist so consequent für diese einzige Thalform gebraucht, dass er, wo diese weniger entwickelt auftritt, auch nur sporadisch in einzelnen Bergnamen wie »Kahrwendel u. s. w.« angetroffen wird, während sie in den Centralalpen in den mannigfachsten Zusammensetzungen unzählige Male sich wiederholen. In den Alpen der französischen Schweiz heissen sie »cirques«, eine Bezeichnung, die ebenfalls in die wissenschaftliche Terminologie aufgenommen wurde. Nach den Messungen des österreichischen Generalstabes beträgt jene Mulde, welche das Firnmeer des Gebatschgletschers einnimmt, $\frac{1}{2}$ Quadratmeile (geographische Meile), das Firnmeer des Hochjoches $\frac{1}{8}$ Quadratmeile, das des Vernagt $\frac{3}{8}$ Quadratmeile, das der Pasterze beträgt fast $\frac{3}{4}$ Quadratmeile. In diesen Mulden sammelt sich der Schnee in um so grösseren Massen an; da auch die Winde vieles hineinragen, was ursprünglich die Seiten der benachbarten Berge bedeckte. Es bilden sich auf diese Weise jene jährlichen Schneelager, welche allmählich in Firnschichten übergehen. Das Wasser, was beim Schmelzen der Oberfläche entsteht, sickert im Firn hinab, durchtränkt die untersten Lagen und bereitet seine Metamorphose in Gletschereis vor.

1) Siehe Cap. IX.

Eine zweite Bedingung ist, dass das unterliegende Gestein das Wasser gar nicht oder nur wenig durchlässt, wie Granit, Gneuss und Glimmerschiefer. Ausser der grösseren Steilheit der Wände und dem Mangel jener schönen und regelmässigen Mulden wirkt daher auch die bekannte Porosität des Kalkes der Gletscherbildung entgegen. In den vielen Ritzen und Spalten desselben wird das Wasser so schnell in die Tiefe geführt, dass es zur Vereisung des Firnes nur wenig beiträgt; daher kommt es, dass in den Kalkalpen, die doch zuweilen 9000 bis 10000' erreichen, die Schneeanhäufungen gewöhnlich über die Entwicklung bis zum Firne nicht hinauskommen und entschiedenes Gletschereis nur selten ist. Dass der Grund des letztern nicht in ihrer geringeren Höhe liegt, beweisen eine Reihe von Gletschern zweiter Ordnung, welche sich an verschiedenen Gruppen der Schiefer finden, selbst in Gegenden, wo kein Gipfel über 9000' sich erhebt. So in den östlichen Tauern die Alpeiner- und Stubai-, ferner die Scaletta-Gletschergruppe im Engadin und viele andere in Graubündten und Glarus.

Da Schnee und Eis auf den Kalkalpen doch mit wenigen Ausnahmen in die Gruppe des Firnes gehört, so ist hier der Platz, einiges über dieselben mitzutheilen. Wir können sie in drei Gruppen bringen.

Zur ersten gehören Anhäufungen von Schnee und Firn, die in den engen Schluchten der tiefeingeschnittenen Thäler des Kalkes sehr zahlreich und in grosser Ausdehnung selbst noch in bedeutenden Tiefen vorkommen. Es ist diess dasselbe, was CHARPENTIER¹⁾ »Tief-Firn (Bas-névé)« im Gegensatz zu den Firnen der Hochregionen nennt.

Fig. 15.



Firnlager an der Zugspitze in der Nähe der Schaafalpe am unteren Anger. Abs. Höhe 4563'.

Eine zweite Abtheilung bilden die eigentlichen regelmässigen Firnlager in grösseren Höhen; und zur dritten möchten wir die secundären Gletscher rechnen, die sich zuweilen auf Kalk finden, besonders wenn er von grössern Schiefermassen umgeben ist.

Ein schönes Beispiel für den ersten der angeführten Fälle finden wir bei der Reinthaler Schaafhütte an der Zugspitze; eine Schneemasse von körnigem, firnartigem Gefüge von 29 Meter Breite und 340 Meter Länge. Sie lag in einem engen Seitenthale, wurde nach unten etwas niedriger und schmaler, und war so fast ein Bild eines Gletschers im kleinen.

Um die Aehnlichkeit zu vollenden war sie nach der Mitte convex unter einem Winkel von 37° und hatte ein kleines Thor am unteren Ende. Es zeigte sich dasselbe bei näherer Un-

1) *Essai sur les glaciers*. § 3, S. 5.

tersuchung als das Ende einer Höhle, welche sich durch die ganze Masse erstreckte, und in dem unteren Theile fast 2 Meter Höhe hatte; die Mächtigkeit ihrer Decke schwankte zwischen $\frac{1}{2}$ bis 2 und 3 Meter. Die erste Veranlassung zur Höhle war das Schmelzwasser, welches bei seinem Abfließen über die stark geneigte Unterlage nach und nach eine Lage von Schnee aus der Mitte entfernte. Bald gesellt sich dazu der zerstörende Einfluss der eintretenden Luftströmungen, welche die Decke immer mehr benagen, so dass in warmen Sommern nur zwei parallele seitliche Schneeebenen durch eine weite Kluft getrennt übrig bleiben. Diese Höhlungen sind an sehr vielen dieser Tieffirnen, z. B. auch an der Eiskapelle am Königssee bemerkbar¹⁾. Eine andere allen gemeinsame Eigenschaft sind die bedeutenden Schwankungen ihrer Grösse, die oft bis zum doppelten ihres mittleren Volumens sich erstrecken können.

Die Firne der zweiten Gruppe sind mitunter sehr malerisch auf den breiten Rücken der Kalkberge gelagert. Ein schönes Beispiel ist der »ewige Schnee« am Königssee (8957 P. F.). Die Firnmasse, dem höchsten Kamme folgend, hängt zu beiden Seiten herab und hat zur Sage von der eingefrorenen Alpe an dieser Stelle Veranlassung gegeben. Allein ungeachtet ihrer hohen Lage verlässt sie den Gipfel nur auf wenige 400 Fuss und zeigt weder in der Form noch in der Ausdehnung Aehnlichkeit mit einem Gletscher auch nur der zweiten Ordnung. Regelmässiger gebildet und nur nach einer Seite ausgedehnt sind die Firn- und Eislager an der Zugspitze (9069 P. F.) in Oberbaiern und an einigen anderen besonders hervorragenden Kalkbergen. Dort finden sich grössere Körner, Spalten und locale Vereisungen, die jedoch weniger an Gletscher- als an Hocheisbildungen erinnern. Sie zeichnen sich vor den eigentlichen Gletschern dadurch aus, dass sie wegen der grösseren Neigung ihrer Lagerstätten und der steileren Abdachung der Kalkgebirge überhaupt, zuweilen schon von grösseren Tiefen aus sichtbar sind. Ihre helle Farbe, gehoben durch tiefe blaue Schlagschatten, bildet dann in der That einen herrlichen Gegensatz zu den dunklen Tönen der unterhalb gelegenen Tannenwäldchen. Bei weitem am seltensten ist die dritte Gruppe vertreten. Wir wollen unter den eigentlichen Gletschern des Kalkes jene des Dachsteins²⁾, der Marmolatta und des Ortles nennen. Die Marmolatta ist rings umgeben von den bekannten Melaphyren des Fassathales. Es findet sich auf ihr ein hübscher secundärer Gletscher, aus mehreren Zuflüssen bestehend, der selbst eine sehr deutliche Endmoräne, einige Mittelmoränen und ein Paar schöne Felsen besitzt, welche als Firninseln aus dem Eise hervorstehen. Wir müssen noch auf seine Lage in einem etwas geneigten Plateau hinweisen, während nach unten jähe Wände ihn umgeben und alle weitere Ausdehnung abschneiden würden; bei seiner gegenwärtigen Grösse bleibt er sogar noch etwas hinter diesem Rande zurück, was sich an der Stellung der Endmoräne sehr gut erkennen lässt.

1) Siehe Leop. von Buch: Geognostische Beobachtungen auf Reisen in Deutschland und Italien. (Derselbe besuchte sie 28. November 1797).

2) Im Salzkammergute 8985 P. F. Vergl. die schönen Beobachtungen von SIMONY in HAIDINGER's Berichten über die Mittheilungen naturwissenschaftlicher Freunde zu Wien.

Fig. 16.



Secundäre Gletscher der Vedretta Marmolatta im Fassathale.

Noch in grösserer Ausdehnung liegen die Madatschgletscher in den Umgebungen des Ortes. Jedoch dürfen wir nicht vergessen, dass hier diese isolirte Kalkmasse auf eine merkwürdige Weise rings von Schiefern umgeben und die Erhebung des Gebirges bis zu so bedeutenden Höhen (12020 P. F.) der Gletscherbildung sehr günstig ist und eine Ausnahmestellung bedingt. Es sind dort zwar ganz entschiedene und schöne Gletscher, allein sie behalten doch einen etwas abweichenden Typus durch ihre grössere Neigung und ihre geringere Dicke.

Nachdem wir jetzt eine wasserhaltende Unterlage mit der Form einer mässig geneigten Mulde als wesentliche Bedingung der Gletscherbildung kennen lernten, wollen wir einige Fälle näher untersuchen, an denen die Art und Weise des Vorganges besonders deutlich ist. Erläuternde Experimente über diesen Vorgang können wir überall anstellen, ja wir finden sie in vielen Fällen von selbst in der Natur gemacht. Fällt nämlich gegen Ende des Winters eine hinreichende Masse von Schnee und tritt dann leichtes Thauwetter ein, so wird alles Schmelzwasser die obersten Schichten durchsickern, von dem gefrorenen Boden aber aufgehalten in der unteren Schicht verweilen und diese durchtränken. Fällt des Nachts die Temperatur einige Grade unter 0°, so friert die untere Lage zu festem Eise, die oberen Schneemassen, beim Eintritte des Frostes fast ganz wasserleer, werden wieder trocken, nur wenig der capillar zurückgehaltenen Flüssigkeit wird auch hier gefrieren, und so zur allmählichen Bildung körnigen Schnees beitragen. Die untere, eisige Schicht findet sich ganz deutlich markirt; die darüberliegende Decke körnigen Schnees kann durch Blasen, ja selbst durch vorsichtiges Abkehren ganz scharf getrennt werden. Dieses Eis ist

durch viele Luftblasen getrübt und undurchsichtig, ganz wie die erste Form, unter welcher das Gletschereis anfänglich auftritt. Tritt ein Schneefall zu einer Zeit ein, in welcher der Boden nicht mehr gefroren ist, so hält sich das Schmelzwasser in den unteren Schichten nicht auf, sondern versinkt; Nachfröste können unter solchen Umständen bloss die Bildung von Körnern begünstigen, aber keine untere Eislage hervorbringen. So treffen wir bei dem körnigen Schnee, der sich auch in der Ebene nach dem allgemeinen Thauen an schattigen Orten einige Zeit erhält, in den letzten Stadien seiner Existenz nie diese untere Eisschicht; hier war sie offenbar früher vorhanden, aus jener Zeit stammend, während welcher der Boden noch fest gefroren war; aber nach dem Aufthauen des Bodens war sie durch die Wärme desselben abgeschmolzen, und ungeachtet häufiger Nachfröste vermag sich bei der wiederhergestellten Porosität der Unterlage keine neue Schicht zu bilden. Beide Verhältnisse neben einander beobachteten wir Ende September 1846 am Schlern bei Botzen, und sie lassen sich in dieser Jahreszeit in den ganzen Alpen bemerken. Ein starker Schneefall von $\frac{1}{2}$ Meter Tiefe war von etwas Regen begleitet eingetreten; während der Nacht blieb er einer mässigen Kälte ausgesetzt; wo er auf festem, horizontalem Felsen lagerte, hatte sich auf dem Boden eine Eisschicht von 3 Centimetern gebildet, während die Schneemassen, unmittelbar daneben auf kurzem Grase liegend, durchaus mehlig und lose geblieben waren, da ihr Schmelzwasser, noch ehe der Nachtfrost eingetreten war, in der dünnen Humuslage sich verloren hatte. Die allgemeine Bedeutung dieses Unterschiedes auch für die Vegetation war erst einige Stunden später beim Thauen bemerkbar. Die gebildeten Eisdecken wurden bald von dem darüberlagernden Schnee befreit, aber erhielten sich dann noch während des ganzen Tages; das Gras aber war nach wenigen Stunden vollkommen frei. Wenn wir die Vereisung durchtränkter Schneemassen mit dem Uebergange des Firnes in Gletschereis vergleichen, so dürfen wir nicht übersehen, dass frisch gefallener Schnee mit Wasser zusammengebracht, weit schneller eine homogene Masse bildet als Firn. Einige Experimente im Kleinen haben uns diese Erscheinung sehr deutlich gemacht. Während unseres Aufenthaltes auf der Pasterze füllten wir von zwei Würfeln aus Kupfer von 6 Centimetern Seite den einen mit frisch gefallenem Schnee und etwas Wasser, den andern mit Firnkörnern aus der Lawine bei unserer Hütte; auch dem letzteren wurde dieselbe Quantität Wasser beigegeben, und beide einem Frostgemische von -8° C. ausgesetzt. Nach 10 Minuten waren beide fest gefroren; aber einer Temperatur von $+4^{\circ}$ längere Zeit ausgesetzt, zerfiel die letztere Masse wieder in die alten Körner. Goss man ihr jedoch mehr Wasser zu, ehe man sie der künstlichen Kälte aussetzte, so wurde auch sie ganz homogen, und war von dem Eiswürfel aus Schnee kaum zu unterscheiden.

Bei der Umwandlung des Firnes in Gletschereis im Grossen kommt, besonders in Mulden von einigem Umfange, noch ein neuer Umstand hinzu, nämlich der Druck der oberen Massen auf die unteren. Bei einer Tiefe des Firnes von nur 150 Metern muss der Einfluss desselben schon sehr bedeutend werden. Um die Wirkungen des Druckes

kennen zu lernen, setzten wir körnigen Schnee einer hydraulischen Presse aus. Die angewandte Kraft war allerdings grösser, als jener Druck, den der Firn in der Natur zu erleiden hat; dafür durften wir auch hoffen, die Veränderungen in diesem extremen Falle in kürzerer Zeit und um so deutlicher zu sehen. Zur Erläuterung des Versuches diene folgende Tabelle:

Num.	Gewicht des Schnees.		Verlust.	
	vor dem Pressen	nach dem Pressen.	Gewicht.	Procente.
1	705,9 grm.	283,9 grm.	422,0 grm.	60
2	576,4	483,2	393,2	68
3	722,0	454,6	267,4	37

Die gepressten Schneemassen waren jetzt zu flachen Scheiben von einigen Centimetern Dicke und zu ganz diaphanen Massen geworden; nur an den zahlreichen flachen Gruppen von Luftblasen erkannte man, dass es kein gewöhnliches Wassereis war¹⁾; im übrigen zeigte es bei langsamem Thauen alle Eigenschaften desselben.

In den Firnmeeren wird der Druck in der Tiefe ebenfalls analoge Erscheinungen hervorrufen. Die gegenseitige Berührung der Firnkörner wird auch dort erhöht, und so ein Zusammenfrieren in compactes Eis möglich gemacht, wo die blosse Quantität des Schmelzwassers nicht genügen würde, diese Verbindung als eine ganz innige herzustellen. Die Volumenverminderung beim Drucke besteht wesentlich in einer Näherung der einzelnen Eistheilchen mit Austreibung des dazwischen enthaltenen Wassers und der Luft. Da das Wasser sehr wenig zusammendrückbar ist, so wird es in Folge davon relativ höher stehen müssen; auch diess trägt bei, die Metamorphose des Firnes weiter auszu dehnen.

So nah sich in ihren Formen und ihrem Auftreten Hochschnee, Hörnereis und Firn verwandt sind, so gross wird jetzt der Gegensatz zwischen Firn und dem neu gebildeten Gletschereis. Dieses verlässt bald die Stelle seiner Entstehung, und zieht nun, anderen Gesetzen der Structur unterworfen, langsamen, aber doch unaufhaltsamen Schrittes vorwärts, und steigt weit hinab unter die Grenzen der Schneelinie²⁾.

1) Setzten wir die erhaltenen Scheiben einige Zeit der Kälte aus, um die Vereisung vollständig zu machen, so war an den Luftblasen auch bei heftigem Drucke keine weitere Veränderung zu bemerken, und die Masse verhielt sich eben so spröde wie anderes Eis.

2) Die Höhe der Schneelinie hängt so unmittelbar mit den climatischen Verhältnissen zusammen, dass wir sie hier übergehen mussten, um später darauf zurückzukommen.

Resultate.

1) Die Ausdehnung des Firnmeeres ist in der Regel grösser als die Oberfläche des dazu gehörigen Gletschers.

2) Das tiefste Vorkommen des Firnes in den Alpen kann bis 2500 Fuss herabreichen; auch nach der Höhe hat er Grenzen, indem er in Höhen über 11000 Fuss in Hocheis übergeht.

3) Der Schnee wird immer körniger und zugleich um so schwerer schmelzbar, je älter er wird.

4) Die Region der Staublawinen beginnt über der Waldgrenze, und reicht nur in einzelnen Fällen bis in die montane Region herab.

5) Die Streifung der Firnmeere durch Schneerädchen ist nur oberflächlich, aber sie zeigt, dass selbst wenig geneigte Firnmeere aus vielen kleineren Mulden zusammengesetzt sind.

6) Der Firn ist überall geschichtet; eine Jahreslage hat 0,75 bis 1 Meter Höhe.

7) Auf Kalk gibt es mit wenigen Ausnahmen keine Gletscher; die zwei wesentlichsten Bedingungen zur Gletscherbildung sind weite Mulden und eine wasserdichte Unterlage.

CAP. III.

Topographie der Gletscher.

Gegenstände unserer beiden Gletscherkarten. Instrumente. Verbreitung der Gletscher im Allgemeinen. Numerische Elemente der Karten. A. *Pasterze*. I. Querdimensionen. II. Längendimensionen. III. Nivellement. IV. Neigung. V. Profile. B. *Gletscher des Oetzthales*. I. Quer- und Längendimensionen. II. Weg über den Vernagt. Character und äussere Formen der Gletscher. Zuflüsse und Moränen. Einfache und zusammengesetzte Gletscher. Entstehung der (Stein-) Moränen. Entstehung der Firnmoränen. Zusammensetzung der Pasterze.

Wir betrachteten in den beiden vorhergehenden Capiteln die allgemeinsten Eigenschaften des Eises und die verschiedenen Formen jener mächtigen Schnee- und Firnlager, welche die ersten ganz generellen Bedingungen jeder Gletscherbildung sind.

Da diese Erscheinungen überall verbreitet sind, war es nicht nöthig ihre Darstellung an bestimmte Orte ausschliesslich zu knüpfen. Wir suchten vielmehr jene Methode auch bei der Zusammenstellung der Beobachtungen beizubehalten, welche uns in der Natur für die Untersuchung geboten ist. Es reicht nicht hin, an einer einzelnen Localität diese Erscheinungen, selbst mit aller Aufmerksamkeit, zu studiren; sie sind so sehr von den speciellsten Modificationen der Temperatur und des Terrains abhängig, dass sie nur vereinzelt in ihrer vollen Entwicklung auftreten; erst wenn wir sie in den ausgesprochensten Formen gesehen haben, sind wir im Stande, ihre Bedeutung auch in andern Fällen zu erkennen.

Die complicirten Phänomene des Gletschers im engeren Sinne gebieten uns jedoch bei dem Studium derselben längere Zeit an einem Orte zu verweilen, und einzelne besonders günstige Gletscher zu speciellen Untersuchungen auszuwählen. Es ist zugleich von einiger Wichtigkeit, die Lage und die äusseren Verhältnisse eines solchen Gletschers kennen zu lernen, indem wesentliche Erscheinungen innig damit zusammenhängen. Es kommt dadurch ein neues Moment in die Gletscheruntersuchung, das topographische; für

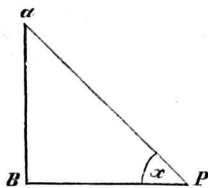
dessen Wichtigkeit auch die sorgfältigen und ausgezeichneten Gletscherkarten von FORBES und AGASSIZ¹⁾ sprechen.

Wir werden daher in diesem Capitel von der Pasterze und den Gletschern des Oetzthales, zwei Punkten, die wir zu längerem Aufenthalte wählten, ausführlichere topographische Mittheilungen geben. Wir haben gesucht, in den beiden Karten einen weiteren Beitrag zur speciellen Kenntniss der Hochregionen zu liefern; die erste zeigt in grösserem Massstabe die charakteristischen Verhältnisse eines einzelnen Gletschers erster Ordnung, der Pasterze, und beschränkt sich in den seitlichen Theilen nur auf die nächsten Umgebungen. Die zweite umfasst eine ganze Gruppe von Gletschern, und zeigt so ausser manchen speciellen Formen derselben auch ihre gegenseitige Lage und die Thalbildung in den Hochregionen, auf welche wir in dem geologischen Theile unserer Untersuchungen zurückkommen werden. Als allgemeine Grundlage benutzten wir die betreffenden Sectionen der vortrefflichen Karte des k. k. österreichischen Generalstabes. Eine ausführliche Triangulation haben wir auf der Pasterze ausgeführt, so wie in der Oetzthaler Gruppe auf dem Vernagt und dem Hintereise. Für die übrigen Theile der letzteren Karte begnügten wir uns, durch *à la vue* Aufnahmen und nach eigener Anschauung eine Reihe neuer, für uns wichtiger Details einzutragen.

Da es für Karten der Hochregionen eine besondere Schwierigkeit ist, die Neigung auch an Firn und Gletschern auszudrücken, die so leicht als schneebedeckte Plateaux erscheinen, so haben wir einen blauen Tondruck angewandt, der uns den Vortheil bot, die Neigungen deutlich zu zeigen, und dabei doch erlaubte, diese Massen von dem benachbarten Gesteine scharf zu trennen.

Als Winkelinstrument benutzten wir vorzugsweise das Prismenporrhometer. Wir (H) haben seine Einrichtung ausführlich in DINGLERS polytechnischem Journale²⁾ mitgetheilt; hier können wir dieselbe nur in Kürze erwähnen. Das Princip desselben besteht darin, statt einer Reihe von beliebig veränderlichen Winkeln einige wenige anzuwenden, deren Werth jedoch dadurch mit grösserer Genauigkeit erfahren wird, dass man jeden derselben einzeln mit einem Theodolithen untersucht. Wählt man die Winkel so, dass sie in einem rechtwinkligen Dreiecke sehr einfache Verhältnisse der Catheten heingehen, so kann dabei das Instrument an Brauchbarkeit nur gewinnen. Wir können auf diese Weise die trigonometrischen Berechnungen theilweise vermeiden, was besonders bei kleineren Arbeiten, wo es sich darum handelt, schnell die Resultate zu kennen, einigen Vortheil bietet. Wir wollen, um diese Einrichtung des Instrumentes deutlicher zu machen, ein Beispiel anführen. Es sei der zu messende Gegenstand die Linie aB ; der Winkel aPB des Instrumentes sei $=x$, hier $=45^\circ$. Man muss sich nun von dem Gegenstande so weit entfernen, bis er gerade

Fig. 17.



1) FORBES' Travels; AGASSIZ Atlas zum Système 1847.

2) Ueber Messinstrumente mit constanten Winkeln von Hermann SCHLAGINTWEIT. Band CXII. Heft 5. 1849.

unter dem Winkel α , oder unter 45° erscheint. In diesem Falle ist aber $\frac{aB}{BP} = \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 45^\circ = 1$, es muss also $BP = aB$ sein; man hat demnach nur die Entfernung vom Fusspunkte B der senkrechten Linie aB zu messen, so ist zugleich auch aB selbst bekannt. Auf ähnliche Weise lassen sich durch veränderte Werthe von α Verhältnisse der Catheten herstellen von ganz beliebigen Werthen; in unserem Instrumente sind diese Winkel so gewählt, dass sich die zu findende Senkrechte zur Standlinie verhalten kann wie 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 8; 10 : 1; die entsprechenden Winkel sind dann

für 0,25 : 1	= 18° 26'	für 3 : 4	= 71° 39'
- 0,5	= 26° 34'	- 4	= 75° 58'
- 1	= 45°	- 8	= 82° 52'
- 2	= 63° 26,5'	- 10	= 84° 17'

Diese Winkel sind an einem kleinen Prismenquadranten hergestellt, der analog den bekannten Prismenkreisen von Professor STEINHEIL¹⁾ construiert ist. (Siehe Instrumententafel No. 4). Die Genauigkeit der angeführten Winkel ist dabei bis auf 1' erreicht; sie wurden mit den Einstellungsstrichen an der hinteren schiefen Fläche des Nonius hergestellt; längs der vorderen Scala kann das Instrument mit einem Nonius bis 4' Genauigkeit für alle Winkel bis zu 90° gebraucht werden. Die Scheibe des Instrumentes hat nur 3 P. Zoll Durchmesser.

Für die Anwendung des Porrhometers sind jene Fälle am bequemsten, welche unter die Form des ersten Beispiels gebracht werden können²⁾. Allein das Porrhometer kann auch als Nivellirinstrument und als Taschensexant im gewöhnlichen Sinne unbeschadet der Genauigkeit gebraucht werden. Als Nivellirinstrument können wir das Porrhometer benutzen, wenn wir einen Winkel von 90° herstellen, und diesen in eine solche Lage bringen, dass der eine Schenkel desselben mit einem Stocke zusammen fällt, der durch ein Bleiloth vertikal gestellt wurde, der andere Schenkel des Winkels, unsere Visionslinie, muss dann horizontal sein. Trifft sie auf eine Latte, die wie die Nivellirlatte eines Distanzenmessers getheilt ist, so können wir an ihr die Niveauveränderungen der Unterlage ablesen. Nur fanden wir es nöthig die Latte in der Art zu modificiren, dass ein schwarzer Index nach gegebenen Zeichen verschoben und sein Stand auf der Theilung vom Beobachter an der Latte, abgelesen wurde. Der Contrast zwischen der schwarzen Platte und der fast weissen Oberfläche (auf einige Entfernung verschwindet eine feine Theilung leicht) macht es möglich auch ohne Fernrohr genau abzulesen. Da die Benutzung des Porrhometers weit weniger zeitraubend ist, so können wir das Nivelliren nach kurzen Entfernungen wiederholen und dadurch ersetzen, was etwa durch die geringere Genauigkeit im Einstellen verloren würde. Wir verfahren auf diese Weise bei den Untersuchungen längs

1) Neue Reflexionskreise. Astronomische Nachrichten 1834 Band XI. Seite 43, und Theorie des STEINHEIL'schen Prismenkreises von BESSEL, ebendasselbst S. 229. An diesem Instrumente wurden zuerst Prismen statt der Spiegel angewandt. Wir sind Herrn Prof. STEINHEIL für seinen gütigen Rath bei der Construction des Prismenporrhometers sehr verbunden.

2) Da das Instrument auch als Winkelspiegel gebraucht werden kann, so dient es ebenfalls zur Construction der Perpendikel.

der Querdimensionen mehrerer Gletscher, bestimmten die eminentesten Punkte durch controlirende barometrische Messungen, und konnten mit der Uebereinstimmung beider Resultate stets zufrieden sein.

Auch bei Triangulationen der constanten Winkel kann man sich dieses Instrumentes bedienen, wenn in der Wahl der Standorte darauf Rücksicht genommen wird. Wir haben von 48° bis 90° acht Winkel, deren Genauigkeit geprüft ist. Können wir bei der Triangulation irgend einen derselben anwenden, eine Forderung, die gewiss nicht unerfüllbar ist, so wird an der Genauigkeit nichts verloren. Da in einem Dreiecke wenigstens zwei Winkel kleiner als 90° sind und da Winkel unter 48° ebenfalls leicht vermieden werden können, so lässt sich das Porrhometer auch zu diesem Zwecke mit Vortheil gebrauchen. Die folgenden Beispiele zeigen, wie ausreichend die Genauigkeit von 4 Minute ist, wenn man allzubedeutende Entfernungen vermeidet. Der Fehler beträgt im Maximum:

für 40 Meter 0,003 Meter

— 50 — 0,0145 —

— 100 — 0,029 —

— 300 — 0,145 —

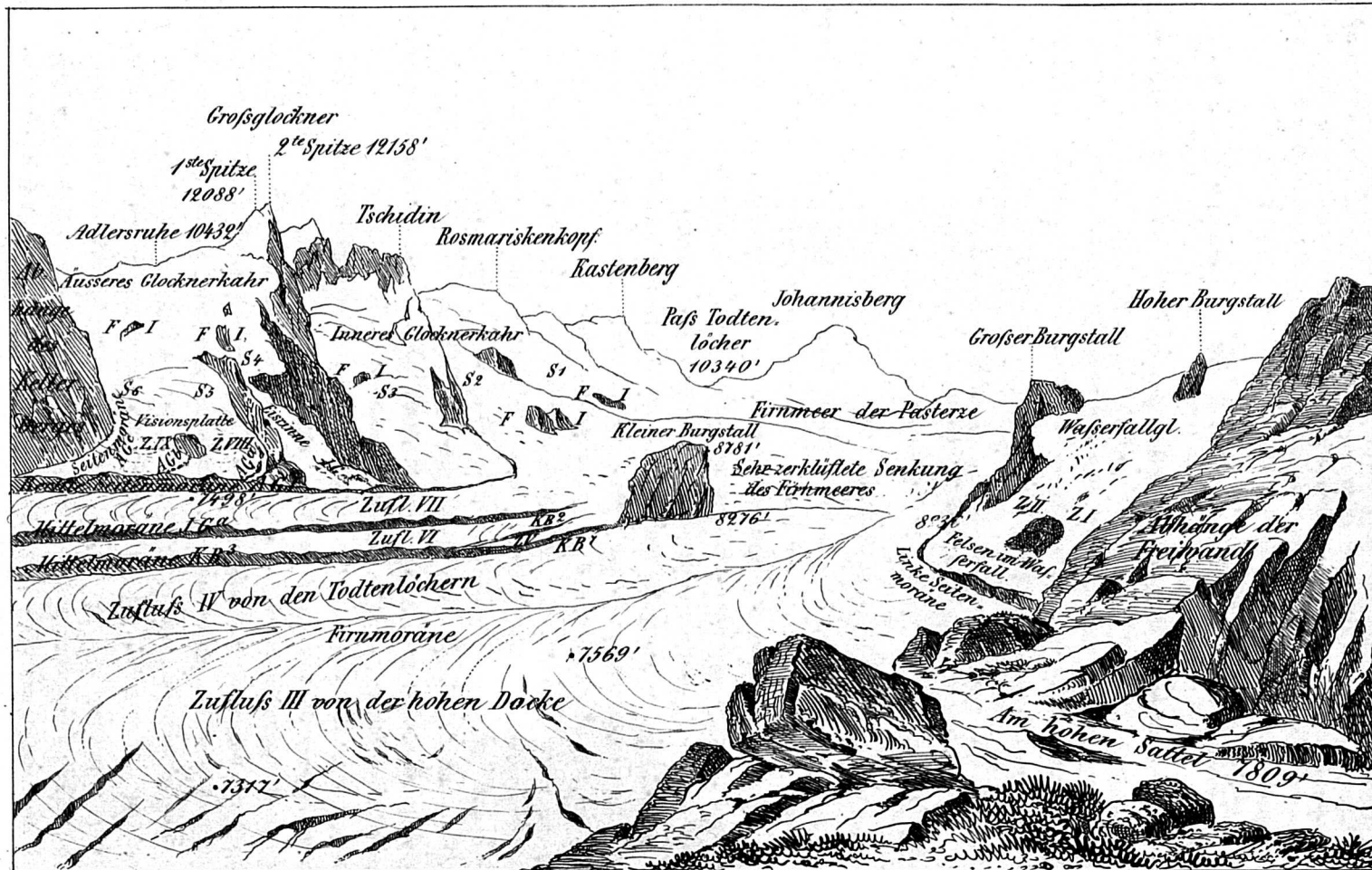
Da schon 500 Meter für Instrumente ohne Fernröhre eine sehr bedeutende Entfernung sind, so kann die Genauigkeit gewiss als hinreichend gelten.

Als Distanzmesser leistete uns im letzten Jahre ein Micrometer in einem grösseren Frauenhoferschen Fernrohre sehr gute Dienste. Es war nach der Angabe von ROMERSHAUSEN in Halle angebracht. Wir benutzten ausserdem grössere und kleinere Bandmasse und zwei in Centimeter und Millimeter getheilte Massstäbe aus Messing.

Verbreitung der Gletscher.

Die Gletscher der Alpen drängen sich meist in grösseren Gruppen in die Nähe der vorzüglichsten Erhebungen zusammen; nach ihrer Ausdehnung und der Regelmässigkeit ihrer Formen werden sie schon seit SAUSSURE in Gletscher erster und zweiter Ordnung oder primäre und secundäre getheilt; die allgemeinen Charaktere werden auf diese Weise entsprechend getrennt, obgleich sich in der Natur eine Reihe von Uebergängen findet. Jene Gletschergruppen, welche an den Abhängen zur Seite eines grösseren lagern, und theils Zuflüsse von jenem, theils Gletscher zweiter Ordnung sind, werden »Seitengletscher« genannt. Die Gletscher erster Ordnung sind wegen ihrer Ausdehnung und wegen des grösseren Massstabes, in welchem sie alle Phänomene zeigen, vorzüglich zu speciellen Untersuchungen geeignet. Es müssen sich daher auch ausführliche topographische Aufnahmen auf dieselben beschränken¹⁾; nur in wenigen Fällen, besonders an einigen Nebengletschern des Oetzthales, waren wir im Stande auch secundäre Gletscher sorgfältiger zu untersuchen.

1) Ueber die kleinen secundären Gletschern hat MARTINS am Faulhorn schöne und ausführliche Beobachtungen angestellt. *Remarques et expériences sur les glaciers sans névé de la chaîne du Faulhorn. Biblioth. univers. de Genève* 1843. T. XLIII S. 369, un 1 nouvelles observations etc. *Bibl. univers.* 1845 T. LVI S. 323.



Z. = Zufluss, S. = Seitengletscher, FI. = Firninsel (Courtil) Die gekrümmten Linien sind die Ogiven der verschiedenen Zuflüsse.



Nach d. Nat. ger. v. Hermann Schlagintweit 1848

Gedr. b. Winkelman u. Sohn in Berlin

Lith. v. H. Mützel

Der Festerzengletscher.



Numerische Elemente der Karten.

A. Pasterze.

Die Pasterze liegt in den Tauern, in einer von jenen grossen Gebirgsgruppen, in welche sich die Centralalpen gliedern. Sie bildet einen Theil der Umgebungen des Grosseckes (12158 P. F.), in welchen sich die grössten Erhebungen dieser Gruppe vereinigen, und nimmt dort ein schönes regelmässiges Thal ein; ihre Länge, die Grösse ihres Firnmeeres und die Regelmässigkeit ihrer Formen characterisiren sie als einen Gletscher erster Ordnung.

Ihre geographischen Positionen sind nach den Angaben der Generalstabskarte:

von $47^{\circ} 4'$ bis $47^{\circ} 7,5'$ NB.

von $30^{\circ} 19,8'$ bis $30^{\circ} 26,4'$ OL. von Ferro.

Richtung ihrer Mittellinie: $S 40^{\circ} O$.

Die Triangulation der Pasterze führten wir im August und September 1848 aus. Wir bewohnten dabei die Johannishütte, welche auf Befehl seiner kaiserlichen Hoheit des Erzherzogs Johann von Oesterreich im Jahre 1833 am Ufer der Pasterze erbaut wurde.

Fig. 18.



Die Johannishütte an der Pasterze. 7581 P. F. a. Johannisberg. b. Abhänge des Sinibaleck.

Durch die günstige Lage derselben fast in der Mitte des Gletschers wurden unsere Untersuchungen wesentlich gefördert; wir fühlen uns gedrungen, S. kais. Hoheit unseren innigsten Dank dafür auszusprechen.

Da es ohne Interesse wäre, das ganze Netz unserer Dreiecke hier wiederzugeben, so begnügen wir uns, als Resultate die horizontalen Entfernungen der wichtigsten Theile aufzuführen. Sie sind als Linien auf der Karte eingetragen; es ist daher jedesmal die dort gebrauchte abgekürzte Bezeichnung in Spalte 2 beigelegt.

Ueber die Höhenbestimmung mittelst Barometer und Hypsometer bitten wir Cap. VIII. nachzusehen.

Ein Kilometer = 1000 Meter = 3078,43 P. F. (= 3163,5 Wien. Fuss).

Alle Längen- und Querdimensionen sind auf die horizontale Ebene reducirt.

I. Querdimensionen.

Kastenbergs bis zur Hohen Docke; grösste Breite des Firnmeeres.	Kast Dok	4110 Meter ¹⁾	12650 P. F.
Linie A zwischen den zwei Burgställen.	A	806	2480
Entfernung des Pfahles a ¹ vom linken Ufer. (Alle Entfernungen beziehen sich auf das linke Ufer)	a ¹	60	185
Entfernung des Blockes a ²	a ²	169	520
Entfernung der höchsten Stelle des Zuflusses III . . .	— —	330	1016
Entfernung der Firnmoräne.	— —	486	1496
Entfernung der höchsten Stelle des Zuflusses IV . . .	— —	624	1921
Entfernung der Gruppe der Gletscherbäche.	— —	672	2069
Linie B von der Johannishütte bis zum Felsen zwischen den Seitengletschern No. 5 und 6.	B	1201	3797
Breite der Seitenmoräne bei der Johannishütte. . . .	— —	76	234
Entfernung des Pfahles b ¹	b ¹	79	243
Entfernung des Pfahles b ²	b ²	178	548
Entfernung des Pfahles b ³	b ³	203	625
Entfernung der gemessenen secundären Erhöhungen.	— —	298	917
Entfernung der höchsten Stelle des Zuflusses III. = Entfernung des Pfahles b ⁴	b ⁴	498	1533
Entfernung der Firnmoräne = Entfernung des Pfahles b ⁵	b ⁵	630	1939
Entfernung der Moräne KB ³ = Entfernung des Blockes b ⁶	b ⁶	786	2420
Entfernung des Blockes b ⁷	b ⁷	823	2534
Linie C, grösste Breite des Unteren Bodens.	C	1045	3217
Entfernung des Blockes c ¹	c ¹	170	523
Entfernung des Pfahles c ²	c ²	412	1268
Entfernung der Firnmoräne.	— —	694	2136
Breite der rechten Seitenmoräne	— —	245	754

II. Längendimensionen.

Von der Burgstalllinie (A) bis zur Hohen Riffel; grösste Länge des Firnmeeres	AR.	4032	12412
Von der Johannishütte bis zum Grossen Burgstall . .	IHgB.	1843	5674
Von der Johannishütte bis zum Hohen Sattel, linke Seite des Gletschers	IIhS.	1388	4273
Länge des Gletschers vom Austritt aus dem Firnmeere bis zur Margaritze.	— —	5410	16654
Grösste Länge mit Einschluss des Firnmeeres	— —	9400	28937

III. Absolute Höhen.

(barometrisch bestimmt.)

Firnmeer der Pasterze an den Todtenlöchern.	— —	3358,9	10340,2
Moräne am kleinen Burgstall Linie A.	— —	2688,3	8275,9
Höchste Stelle des Zuflusses III. Linie A.	— —	2723,1	18382,9
Moräne am grossen Burgstall Linie A.	— —	2675,5	8236,4

1) Die Meter sind direct aus den Messungen erhalten, die Pariser Fuss durch Reduction gefunden.

Gletschermühle bei der Johannishütte. Linie B. Anfang auf der linken Seite.	— —	2449,3 Meter	7447,6 P. F.
Höchste Stelle der Linie B.	— —	2458,7	7568,9
Ende der Linie B. am rechten Ufer	— —	2435,7	7498,2
Höhe des Gletschers vor dem Absturze, linkes Ufer. .	— —	2376,8	7316,7
Eintritt des Pfandelbaches unter die Pasterze. Anfang der Linie C.	— —	2026,4	6238,3
Höchste Stelle der Linie C.	— —	2242,6	6903,8
Gletschersee am grünen Thor, Ufer, Ende der Linie C. .	— —	2179,8	6710,3
Höhe des Gletschers an der Margaritze ¹⁾	— —	1956,5	6023,1

IV. Neigungen.

Aus der Combination der Längendimensionen mit den Höhen ergeben sich für die Pasterze folgende Neigungen²⁾:

Von den Todtenlöchern bis zum Ende des Firnmeeres über dem Abbruche	8° 30'
Linie A bis zur Linie B.	8° 0'
Linie B bis zum Rande des Abbruches am hohen Sattel	2° 15'

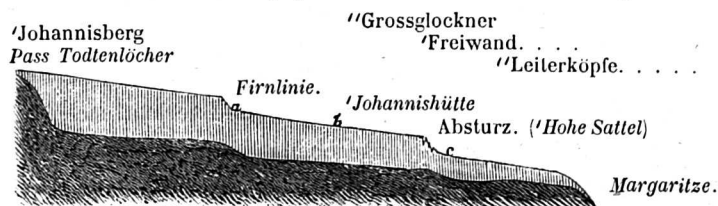
Die Neigung des Unteren Bodens ist zu wechselnd, als dass eine Berechnung derselben aus Höhenunterschieden von Werth sein könnte. Unmittelbar am Abbruch ist sie noch sehr stark; fällt dann bis auf 5°, wächst aber sehr schnell mit dem Ausgange; die beiden End-Abdachungen (talus terminal) des Gletschers links und rechts von der Margaritze haben Stellen von 50° Neigung.

V. Profile.

Eine bessere Uebersicht der angeführten Zahlenwerthe können wir uns durch die Construction von Gletscherprofilen verschaffen:

Fig. 19.

Längenprofil der Pasterze.



Massst. ————— 5000 Meter. ————— 5000 F.

Gletscher =   = Festes Gestein.

Die Namen ohne Accente liegen im Durchschnitte selbst, jene mit 1 Accente auf dem linken, mit 2 auf dem rechten Ufer des Gletschers. a, b und c bezeichnen die Durchschnittspunkte dieses Profils mit den 3 Querlinien auf der Pasterze.

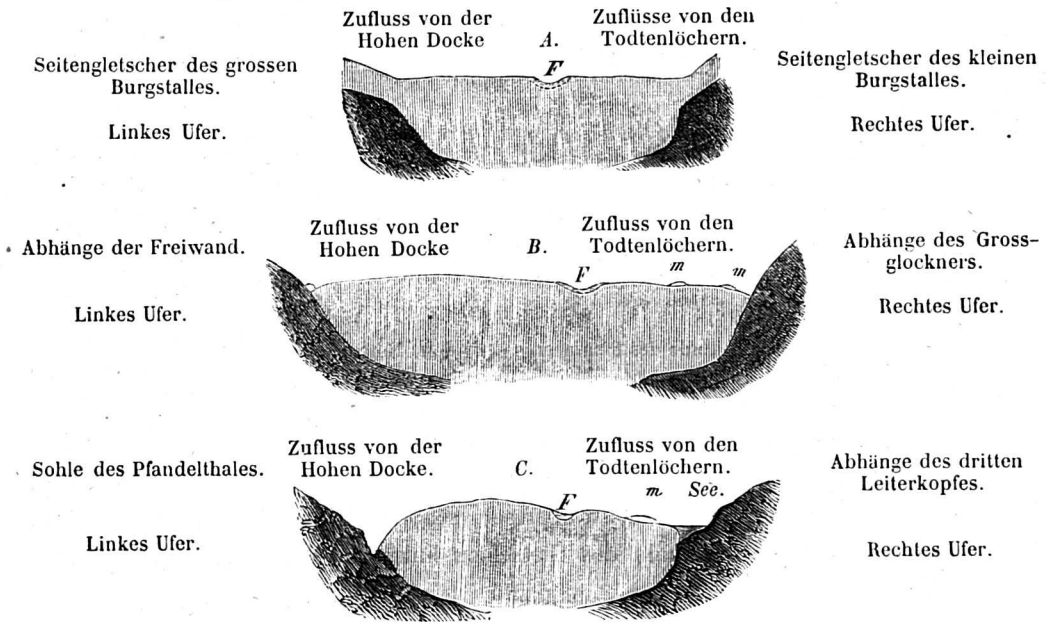
Das Längenprofil zeigt uns die Neigungen der verschiedenen Gletscher-Theile in ihrer natürlichen Grösse, da der horizontale und verticale Massstab derselbe ist. Auch die beiden Absätze am Firnmeere und am Absturze treten uns hier deutlich entgegen; bei der Berechnung der Neigungen wurden sie als locale Unregelmässigkeiten ausgeschlossen.

1) Die beiden Gletscherthore links und rechts von diesem Felsen liegen noch etwas tiefer.

2) Höhendifferenz dividirt durch die horizontale Entfernung = Tangente der entsprechenden Winkel.

Fig. 20.

Senkrechte Durchschnitte (Querprofile) der Pasterze an den Linien A. B. C.



Erklärungen.

Festes Gestein	=		=	See.
Eis	=		=	Höhle.
Moräne	=		=	F
				Firmoräne.

An den Querprofilen ist ebenfalls Höhe und Länge in gleichem Verhältnisse, der Massstab aber ist grösser als am Längenprofile und verhält sich zu diesem $= 5 : 1$, an denselben ist ausser den am Rande angegebenen Verhältnissen die Breite des Gletschers zu berücksichtigen: sie ist in der Mitte am grössten. Einen interessanten Aufschluss über die Tiefe des Gletschereises gibt uns die Stelle, an welcher der Pfandelbach in den unteren Boden eintritt; sie liegt 216,2 Meter $= 665,5$ P. F. unter dem höchsten Punkte desselben Querprofiles. Wir dürfen hier wohl noch ein Mal an die früher angegebene Tiefe der Firnmeere erinnern; diese Stelle, die sich hier am Ende des Gletschers befindet, kann als Beweis dafür dienen, dass die dort angenommene Tiefe von 263 Meter für die Firnmeere von Gletschern erster Ordnung gewiss ein Minimum ist. Auch die Firmoräne zeigt in den verschiedenen Durchschnitten Veränderungen, sie wird immer schmaler und kommt dem rechten Ufer etwas näher.

Auffallend ist es, wie schwer man am Gletscher durch die erste Anschauung zu richtigen Begriffen über Grössenverhältnisse, über Neigung u. s. w. gelangt. Die Neuheit des Gegenstandes, der Mangel von Objekten, an denen die Werthe einzelner Linien durch längeren Umgang bekannt sind, bedingen vielfache optische Täuschungen.

Die grössere Durchsichtigkeit der Atmosphäre in diesen Höhen vereinigt sich damit, die Dimensionen gewöhnlich zu klein erscheinen zu lassen. Die Pasterze bot uns Gelegenheit, an mehreren freistehenden Felsen, am Kleinen und Grossen Burgstall diese Eindrücke unter verschiedenen Umständen mit den directen Messungen zu vergleichen.

Für das richtige Verständniss monographischer Kartenarbeiten ist es von einigem Interesse, die genauesten und passendsten Bezeichnungen zu besitzen; es verdient daher auch die Wahl dieser Namen unsere Aufmerksamkeit. Als leitende Angaben benutzten wir vor allem die Originalbezeichnungen der Thalbewohner, doch berücksichtigten wir auch stets die beiden vorliegenden Karten unseres Gegenstandes, jene des k. k. Generalstabes No. 44: Umgebungen des Grossglockners, gezeichnet vom Hauptmann von BALZ, und WÖRL's Karte von Mitteleuropa, Blatt: Lienz; Massstab = 1 : 200000. Die Differenzen in den Namen haben meistens ihren Grund in den undeutlichen dialectischen Ausdrücken; wir suchten sie durch vielfaches Nachfragen auf den richtigen Sinn zurückzuführen.

Der Name unseres Gletschers »Pasterze« ist ein slavisches Wort, und bezeichnet eine Wiese. Man könnte damit leicht die Idee verbinden, als ob in Folge bedeutender Oscillationen der Gletscher den Platz einer früheren Alpenweide einnahm; aber es ist wahrscheinlicher, dass dieser Name von den schönen Alpenwiesen herrührt, welche den Gletscher umgeben. Man begreift sie noch jetzt unter dem Namen »in den Pasterzen«, und es scheint, dass diese Bezeichnung, deren ursprüngliche Bedeutung den Bewohnern selbst verloren ging, allmählich auch auf die Eismasse übertragen wurde, welche jetzt in ihrer ganzen Ausdehnung die Pasterze oder der Pasterzengletscher genannt wird. Wir theilen in der folgenden Tabelle eine Uebersicht jener Namen mit, welche in den drei Karten gemeinschaftlich enthalten sind.

Generalstabs-Karte.	WÖRL.	SCHLAGINTWEIT.	Bemerkungen.
Grosse Pasterze.	Oberster Pasterzenkees.	Firnmeer der Pasterze.	Theilt sich in das Firnmeer der hohen Docke links und in jenes der Todtenlöcher rechts.
Kleine Pasterze.	Pasterzen Keesboden.	Gletscher der Pasterze.	— — —
Kastenbergl.	Kastenbergl.	Kastenbergl.	Ist in Heiligenblut unter die- sem Namen nicht bekannt, aber im Kaprunthale.
— —	Johannisbergl.	Johannisbergl.	Hiess früher Schneebergl., und wurde zur Erinnerung an den Erzherzog Johann so genannt. Auf der General- stabs-Karte lässt sich sein Platz erkennen, ist aber nicht bezeichnet.
Edenwinkel.	— —	Oeder Winkel.	Ist eine kleine Mulde im Ka- prunthale.

Generalstabs-Karte.	Wörl.	SCHLAGINTWEIT.	Bemerkungen.
Hohe Riff.	Hohe Riff.	Hohe Riffel.	Im Kaprunthale bekannt.
— —	Unterer Burgstall.	Kleiner Burgstall.	— — —
— —	Oberer Burgstall.	Grosser Burgstall.	Nicht zu verwechseln mit dem Hohen Burgstall unserer Karte.
Römer Iswand K.	Romarischken Wandkopf.	Romariskenkopf.	Ein Felsen über dem Kleinen Burgstalle nach rechts, ungefähr wie der Hohe Burgstall über dem Grossen Burgstalle nach links.
— —	Tschidin.	Tschidin.	Der Name jetzt fast unbekannt aber einen wohl charakterisirten Punct, die erste Wand nach der grossen Glocknerspitze bezeichnend, deshalb beibehalten.
— —	Johannshütte.	Johannishütte.	Wurde erst 1833, also einige Jahre nach der Anfertigung der Generalstabs-Karte erbaut.
— —	Abitzen.	Margaritze.	— —
— —	Schartenbach.	Pfandelbach.	Das letztere das Gewöhnliche. Wörl's Name scheint eine Abkürzung von Pfandelschartenbach.

Die andern noch auf unserer Karte angeführten Namen wurden nicht mehr in dieser Tabelle aufgeführt, weil sich dafür in keiner der beiden andern Karten Synonyma finden⁴⁾.

B. Gletscher des Oetzthales.

Die zweite Gletschergruppe, von welcher wir hier ein ausführlicheres Bild geben können, ist die der Oetzthaler Gletscher. Sie ist die erste, welcher wir von den Tauern in westlicher Richtung gehend begegnen. Die Ausläufer beider Gruppen werden durch die tiefe Einsattelung des Brenner entschieden getrennt. Im Grossen wird die Oetzthaler Gruppe von den tiefen Längenthälern des Inn, der Etsch und der Eisack umgrenzt; das Terrain der Hauptgletscher ist ein viel beschränkteres; sie gruppieren sich um die grössten Erhebungen, die Wildspitze, Weisskugel, den Similaun und Finail; das Gebiet unserer Untersuchungen war (von Osten nach Westen gehend) umgrenzt vom Passe Timbls, der Gratenenspitze, dem Hohen Wilden, Similaun, Finail, der Quellspitze, Weisskugel und Wildspitze. Fast alle Gletscher liegen auf der Nordseite, da diese Gruppe nach Süden so steil

4) Die Bezeichnungen von grösseren Bergen in der Nähe, welche zu dem Hauptgletscher nicht mehr in directer Beziehung stehen, konnten bei dieser Zusammenstellung wohl übergangen werden.

abfällt und so wenige oder doch so kleine Mulden bildet, dass nur einige Gletscher der zweiten Ordnung dort entstehen konnten. Dasselbe kann von seiner südöstlichen Grenze gelten. Nur im Westen treten gegen das Kaunzen und Pitzthal einige nicht unbedeutende Gletscher auf, die wir jedoch ihrer entfernten Lage wegen nicht besuchten.

Die folgenden Längendimensionen sind auf die horizontale Ebene reducirt. Die Schwierigkeiten beim Uebergange vieler Gletscher, und der eigenthümliche Nimbus des Grossartigen und Furchtbaren, welchen sie für die Bewohner der Alpen haben, bewirken, dass Angaben über ihre Länge und Grösse oft übertrieben sind, wenn wir sie auf die wirklichen Dimensionen, seltener, wenn wir sie auf die erforderliche Zeit des Ueberganges beziehen.

I. Längen- und Querdimensionen¹⁾.

Gurglerthal.			
<i>Langthalgletscher.</i>	g. L. (grösste Länge mit Einschluss des Firnmeeres.)	4810 Meter.	14807 P. Fuss
<i>Grosser Oetzthaler (Gurgler) Gletscher.</i>	g. L.	8820	27152
Venter Thal.			
<i>Niederjoch.</i>	g. L.	2791	8592
<i>Hochjoch.</i>	g. L.	5320	16377
<i>Hintereis.</i>	— —	—	—
a. Hauptgletscher.	g. L.	8260	25428
b. Linker Zufluss von den Kesselwänden.	g. L.	5431	16719
Entfernung des Blockes a ¹ vom linken Ufer.	— —	241	742
Entfernung des Blockes a ¹ vom Gletscherthore.	— —	2219	6831
Entfernung der Linie B. vom Gletscherthore.	— —	638	1964
Entfernung des Blockes b ¹ vom linken Ufer.	— —	472	1453
<i>Vernagt.</i>	g. L.	5610	17220
Entfernung seines früheren Endes von der Zwerchwand.	— —	—	5000 Fuss nach der Karte des Generalstabes.
Entfernung der Station A von der Zwerchwand.	— —	840	2586
Entfernung des Pfahles a ¹ vom linken Ufer.	— —	71	219
Entfernung des Pfahles a ² vom linken Ufer.	— —	229	705
Entfernung der Station B von der Zwerchwand.	— —	483	1487
Breite der Station B.	— —	996	3066
Entfernung des Pfahles b ¹ vom linken Ufer.	— —	95	292
Entfernung des Pfahles b ² an der höchsten Stelle des Gletschers vom linken Ufer.	— —	392	1207
Entfernung des Pfahles b ³ vom linken Ufer (auf den Ausläufern der rechten Seitenmoräne.)	— —	801	2466

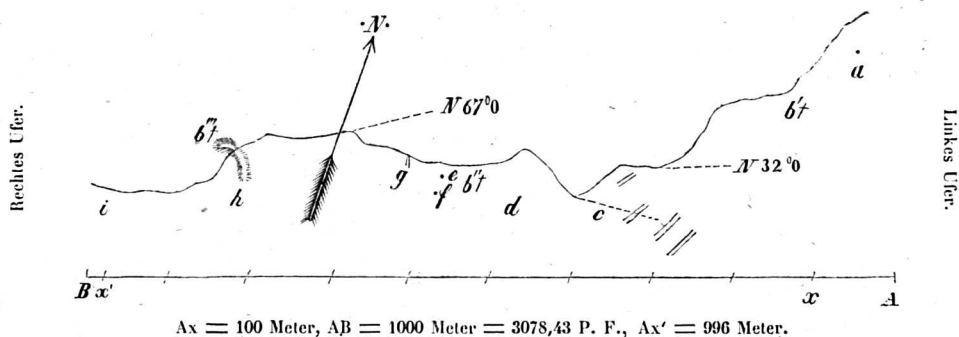
1) Die Höhenbestimmungen aus dem Oetzthale sind vollständig zusammengestellt in Cap. VIII; die Namen in der Karte des Oetzthales sind zu zahlreich um hier aufgeführt zu werden; sie sind in den »Erläuterungen zur Karte« zusammengestellt.

II. Weg über den Vernagt.

Als eine nicht uninteressante Specialität dieser Gruppe dürfen wir hier noch die beiden Pläne beifügen, welche wir von dem Vernagt an der Uebergangsstelle »im Brande«, Linie B, entwarfen.

Der Vernagtletscher an der Station B, 1847.

Fig. 21 a. Weg über denselben bei den Felsen im Brand.



a. Stelle des Blockes gebogener blauer Bänder.

b', b'', b'''. Die aufgestellten Pfähle zum Messen der Bewegung.

c. Sehr zerspaltene Stelle.

d. Höchster Punkt.

e. Mühle.

f. Kleine Wasseransammlung.

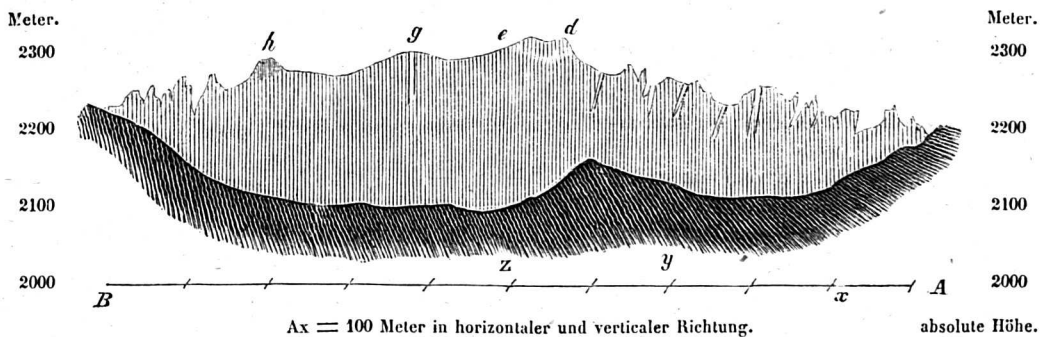
g. Wasserfall.

h. Moränenfetzen.

i. Wasserfall.

Die Richtung war wegen der Zerklüftung des Eises so genau einzuhalten, dass dieser Weg, der doch, wie alle übrigen, auf Gletschern, nie durch Fussstapfen oder ähnliche Spuren bezeichnet ist, auch im Jahre 1848 genau derselbe war. Erst 1849 als der Gletscher mehr sich ebnete, konnte er auch noch an anderen Stellen überschritten werden.

Fig. 21 b. Verticaler Durchschnitt des Gletschers an der Uebergangsstelle.

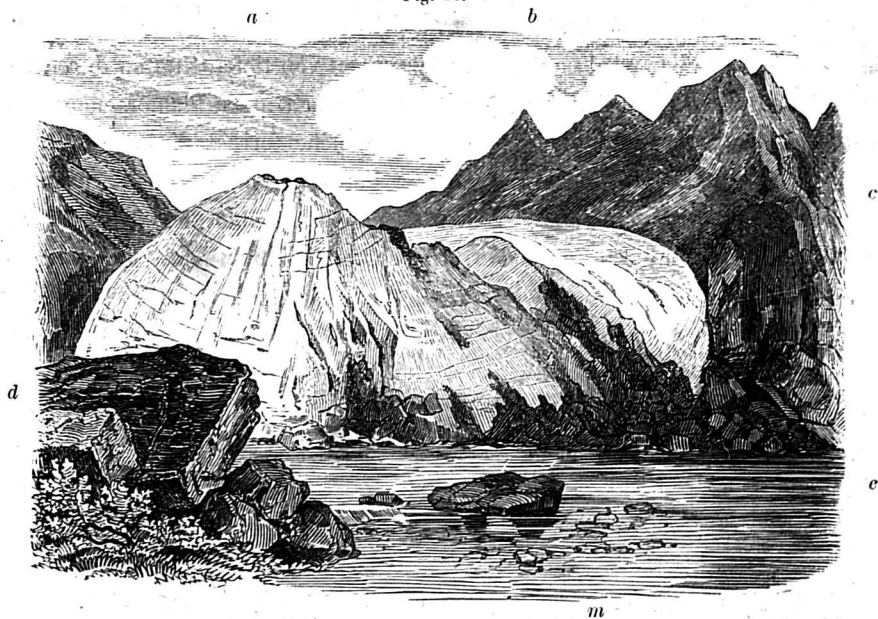


Der Felsen $z y$ ist der Durchschnitt eines Kammes von 450 Fuss Höhe (wie uns in Vent versichert wurde), der das Thal durchzieht. Er machte sich auch an der Oberfläche des Gletschers bemerkbar. In der Karte des Generalstabes, auf der dieses Thal zu einer Periode dargestellt ist, während welcher es nicht vom Eise bedeckt war, ist diese Felsenlinie auch sehr deutlich zu erkennen. Der Massstab ist für die Längen- und Höhen-dimensionen derselbe.

Charakter und äussere Formen der Gletscher.

Die einfachste Form eines grossen Gletschers ist die eines breiten Eisstromes von geringer, aber gleichmässiger Neigung, welcher sich aus den weiten Firnmeeren zwischen hohen Thalwänden herabzieht. Nur ganz an seinem Ende wird die Neigung selbst des regelmässigsten Gletschers plötzlich eine sehr grosse: Sie beträgt 40 bis 60°, und diese jähe Abdachung kann eine verticale Höhe von 100 bis 150 Meter erreichen. Der Gletscher macht hier einen sehr eigenthümlichen und mitunter grossartigen Eindruck. Der Vermontgletscher im Montafunthale an der Grenze von Graubünden und Vorarlberg zeigt die Erscheinung eines solchen Endes in verschiedenen Modificationen. Rechts im Bilde

Fig. 22.



Ende des Vermontgletschers an der Grenze von Graubünden und Vorarlberg.

a. Rechter Zufluss. *b.* Linker Zufluss des Gletschers. *m.* Mittelmoräne. *c.* Abhänge des Albinkopfes. *d.* Transportirte Felsenblöcke. *e.* Ill an ihrem Ursprunge aus dem Gletscher 5721 P. F. 1).

hinter den grossen transportirten Moränenblöcken ist der Gletscher pyramidenförmig zugespitzt; seine jäh geneigte Fläche zeigt hier einige grössere Spalten; die halbkreisförmigen feinen Linien sind die Contouren der blauen Bänder. Die Steine welche auf seiner Spitze ankommen, müssen über die steile Fläche herabgleiten; sie bilden dann deutliche Furchen, welche den Linien der grössten Neigung folgen; in unserer Zeichnung sind sie vorzüglich von der Spitze des Eises gegen die Ecke des transportirten Blockes sichtbar. Näher der Mitte liegen die Reste einer grossen Moräne, welche den Gletscher weiter oben in zwei Theile scheidet. Wegen der grösseren Neigung stürzt auch sie, wie die kleineren Steine, in Massen herab; sie lässt nur einzelne Sand- und Schlammtheilchen zurück,

1) Nach SCHMIDT und FRIESE: Vorarlberg nach den Begehungen des geognostisch montanistischen Vereines dargestellt. 1843 = 980 W Kltf.

welche ihre Stelle bezeichnen und dem Eise eine dunkle Färbung geben. Nach links sieht man ein Stück des Zuflusses *b*; dieser bildet keine so steile Ecke, sondern ist im Gegentheile etwas zugerundet und der Uebergang von dem jähren Ende zu den ebenen Parthieen des Gletschers dadurch vermittelt. Es wiederholt sich diese Endabdachung an den meisten grösseren Gletschern¹⁾ und zuweilen ist sie von der Oeffnung grosser Höhlen durchbrochen, durch welche die Gletscherbäche austreten. Da die Höhlenbildung mit dem Einflusse der Wärme, mit der Abtragung und Schmelzung des Eises zusammenhängt, so werden wir sie in Cap. VII besprechen.

Nicht alle Gletscher sind hinter dieser Endfläche bis zum Austritte aus dem Firnmeere eine ununterbrochene, wenig geneigte Fläche. Es finden sich in den Thälern sehr häufig abschüssigere Stellen und terrassenförmige Unterbrechungen. Indem der Gletscher über dieselben herabsteigt, wird er in allen Richtungen von tiefen Klüften durchzogen und bildet dann jene grossartigen Eisnadeln, welche zu den schönsten Phänomenen eines Gletschers gehören. Auf der Pasterze findet sich eine solche terrassenförmige Abstufung im grössten Massstabe, indem die Senkung 300 Meter beträgt²⁾, und das Thal rechtwinklig in seiner ganzen Breite durchschneidet. Einen allgemeinen Ueberblick dieser Erscheinung erhalten wir von der »unteren Seite« am linken Ufer des Möllthales. Nach diesem Absturze breitet sich der Gletscher wieder im »Unteren Boden« aus. Das Ende des Glet-

Fig. 23.



Die Senkung der Pasterze gegen den See am grünen Thor. „Der Absturz.“

a Abhänge des dritten Leiterkopfes. *m* Rechte Seitenmoräne. *b* Hoher Sattel. *c* Freiwand. *d* Bärenkopf.
e Abhänge der Albe. *f* Felsen im Trog. *gg* Spiegel des Pasterzensees 6710 P. F.

1) Vergl. die späteren Abbildungen vom Hintereise (Lithogr.) und Vernagt.

2) Gletscher am Absturze 2377 Meter; am unteren Boden 2026 Meter.

schers bilden dabei zwei langgestreckte Arme, welche sich zu beiden Seiten der Margarithze befinden. Auch sie sind von diesem Standpuncte aus sichtbar. Mehr in der Nähe übersieht man die grosse Senkung von den Ufern des Gletschersees am »grünen Thor«, ein eigenthümlicher aber grossartiger Gegenstand. Das Eis endet hier gegen den See in grosse Blöcke der unregelmässigsten Formen; jedoch ist diess nicht sein eigentliches Ende, da es sich zwischen den Felsen in eine neue grosse Fläche ausbreitet. Ganz entsprechend sind die bekannten Eisnadeln am Rosenlaur-, am Rhonegletscher und am Glacier des Bois.

Wer noch nie einen Gletscher gesehen hätte, würde von diesem Anblicke mehr verwirrt als belehrt. Man fände die irrige Ansicht bestätigt, das derselbe einem Berge nicht unähnlich sei. Allein so bald man die Höhe der Terrasse erstiegen hat, wird das Bild ein ganz anderes. Auf der Pasterze kann man diesen Gegensatz sehr deutlich beobachten, wenn man über die steilen Abhänge des Hohen Sattels hinaufsteigt; einige hundert Fuss über dem Eise, bietet dieser Punct. den umfassendsten und lehrreichsten Ueberblick. Der ausgezeichnete Höhenzug des Glocknerkammes mit seinen zahlreichen Seitengletschern, die dunklen säulenartigen Felsenmassen der beiden Burgställe, hinter denen sich das Firnmeer von einer neuen Terrasse malerisch herabzieht, bilden im Gegensatz zu den breiten und regelmässigen Gletschermassen eine der schönsten und interessantesten Scenerieen der Hochalpen.

Fig. 24.



Der Hintereisgletscher im Oetzthale.

a Neusberg. *b* Innere Quellspitze. *c* Weisskugel 11840 P. F. *d* Theil des Rofnerberges. *e* Hintereishütte 6792 P. F. *f* Ursprung der Oetz.

Beispiele eines Gletschers, welcher solche Unterbrechungen nicht zeigt, sehen wir am Marcell- und Hochjochgletscher und besonders am Hintereise im Oetzthale. Dieser

Gletscher zieht sich, ungeachtet einer Länge von 8260 Metern, vom Firmmeere bis zu seinem Ende ohne die geringste Unregelmässigkeit des Thales herab. Die Zwerchwand bietet in einer relativen Höhe von 1000 Fuss einen sehr belehrenden Anblick des Hintereises fast in seiner ganzen Ausdehnung. Wir sehen den Gletscher durch eine Mittelmoräne, welche ihren Anfang in den Abhängen der Weisskugel hat, in zwei wesentlich verschiedene Parthieen getheilt. Zugleich sehen wir rechts kleine Moränenfetzen, welche, von dem Hauptzuge abgerissen, jenen Linien folgen, die wir als Ogiven bezeichnen. Links befinden sich viele Nebengletscher an den Abhängen der Weisskugel, die sich mit dem Hauptstrome nach und nach vereinigen.

Eine gleichzeitige Uebersicht grösserer und kleinerer Gletschergruppen ist besonders für das Oetzthal charakteristisch und durch die gegenseitige Stellung der Thäler bedingt. Auf unserer Uebersicht der Gebirgsgruppen in der Umgebung von Vent Tafel II. tritt dieses gegenseitige Verhalten der Gletscher sehr deutlich hervor.

Wir fügen hier noch die Uebersicht des Langthaler Gletschers in der Oetzthaler Gruppe hinzu. Derselbe zeichnet sich dadurch aus, dass er, obgleich nicht sehr ausge-

Fig. 25.



Der Langthaler Gletscher im Gurglerthale.

a. Langthalereck. b. Schwarzberg. cc. Spiegel des Gurgler Sees 6859 P. F.

dehnt, doch sehr regelmässige Formen hat, und in einem schönen Thale sich befindet. Er ist uns noch dadurch merkwürdig, dass sein Wasser, von dem grossen Oetzthaler Gletscher aufgehalten, einen ziemlich bedeutenden See bildet, in dem sich stets losgetrennte Eismassen in zahlreichen Blöcken umhertreiben.

Wir können die Betrachtung der mannigfachen Gletscherformen nicht schliessen, ohne auch das sehr verschiedene Auftreten secundärer Gletscher zu erwähnen. Während sich Gletscher erster Ordnung, mit Ausnahme von localen terrassenförmigen Absätzen, alle unter einen Typus bringen lassen, ist der Verlauf secundärer Gletscher ein sehr verschiedener. In einigen Fällen haben sie ganz die Form der primären, und nur die durchgängig geringeren Dimensionen erlauben uns nicht sie mit ihnen gleichzustellen; sowohl Thal als Gletscher ist dann nur eine Verkleinerung jener primären Formen. Solche sind im allgemeinen selten; im Oetzthale, wo die Steigung so langsam ist, dass selbst kleine Thäler noch an der allgemeinen Regelmässigkeit der Erhebung Theil nehmen, sind sie am häufigsten und von besonders schöner Entwicklung; Beispiele sind der Rothmoos-, Rofnerkahrn und der Rothe Kahr - Gletscher. Die grosse Mehrzahl der secundären Gletscher hat kein so regelmässiges Thal; theils sind sie stärker geneigt, theils im Verhältniss zu ihrer Länge weit breiter, und, indem sie seitliche Abhänge bekleiden, bieten sie sich schon von weitem dem Auge dar, während die grossen Gletscher in ihren ausgesprochenen Thälern eingeschlossen, erst in grösserer Nähe sichtbar werden. Auch sind diese secundären Gletscher stets dünner, es fehlt ihnen jene schöne Endabdachung, und sie laufen oft wie flache Schalen auf dem Gerölle ehemaliger Moränen aus, die wegen ihrer häufigen Oscillationen für die unmittelbaren Umgebungen derselben so äusserst characteristisch sind. Der Obere Matschgletscher im Matschthale zeigt diese Eigenthümlichkeiten sehr deutlich. Das Thal desselben ist sehr geneigt, und der ganze Gletscher lässt sich deshalb bis in die Firnmeere hinauf überblicken.

Nicht selten hängen einzelne Parthieen derselben mit bedeutenden

Neigungen über die Abhänge herab und bilden zu den Tannenwaldungen und den letzten Culturen der Thäler einen grossartigen Contrast. Die Madatschgletscher an den Abhängen des Ortes sind in dieser Hinsicht besonders ausgezeichnet, und durch ihre Lage an der schönen Wormser Strasse allgemein bekannt. Viele secundäre Gletscher jedoch sind so unbedeutend, dass sie nicht in gleiche Tiefen herabreichen; sie nehmen häufig nur kleine Mulden an den höchsten Abhängen ein; theils münden sie wie lange schmale Arme in benachbarte Schluchten, theils enden sie an steilen Wänden in jäh Mauern und brechen von da in gewaltigen Massen in die Thäler herab.

Fig. 26.



Der Obere Matschgletscher im Matschthale (Ötztal Gruppe).

- a. Nöderwand. b. Tauferspitze. c. Der Gletscher zeigt (vertical unter c) eine deutliche Mittelmoräne, rechte Seiten- und Endmoräne.
d. d. Grosse vom Gletscher transportirte Blöcke.

Zuflüsse und Moränen.

In jedem grösseren Gletscher sind mehrere anfängliche zu einem Ganzen vereinigt. Diese Zuflüsse verändern mit ihrem Eintritte die ursprüngliche Schnelligkeit ihrer Bewegung und nehmen gleichmässig Theil daran, die Unregelmässigkeiten des Thales durch Ausbreiten zu erfüllen. Aber alle Zuflüsse zeigen dessenungeachtet eine gewisse Individualität; wenn sie auch, der eine früher, der andere später verschwinden, je nach der Mächtigkeit der dazugehörigen Firnmulden, so behalten sie doch unter mannigfachen Veränderungen noch immer den individuellen Typus ihrer Ogiven und sind durch wohl markirte Linien bis zu ihrem Verschwinden getrennt. Selbst die kleineren Gletscher sind nicht frei von Zusammensetzung.

Ein ganz einfacher Gletscher würde eine Firnmulde von solcher Regelmässigkeit verlangen, wie dieselbe in den Thälern der Alpen nie vorkommt. Sobald aber grössere Unregelmässigkeiten der Unterlage, besonders einzelne Kämme auftreten, so kann der Gletscher sein Firnkahr nicht mehr als einfacher verlassen. Es wird zwar eine Parthie, etwa jene der Mitte, die bedeutend grössere bleiben; allein längs der Seiten werden doch kleinere Theile als selbständige Zuflüsse sich geltend machen, die besonders dann deutlich unterschieden werden können, wenn sie durch jene langen bezeichnenden Steinlinien getrennt sind, die man als »Moränen« kennt. Allerdings sind diese in den meisten Fällen die Begleiter der einzelnen Zuflüsse, vorzüglich deswegen, weil die grösseren Unterabtheilungen der Mulden gewöhnlich durch Felsenkämme gebildet werden, die mächtig genug sind, über die Firn- und Gletschermassen herauszutreten und so die Bedingungen zur Moränenbildung zu bieten. Allein nothwendig ist dieses Verhältniss keineswegs; wir finden gerade bei der Pasterze eines der schönsten Beispiele für die Ausnahme.

Ehe wir jedoch auf Einzelheiten eingehen, ist noch zu erwähnen, was man unter dem Aufhören eines Zuflusses zu verstehen habe, oder, was dasselbe ist, wie man sich erklären könne, dass so viele Mittelmoränen zu Seitenmoränen werden. Es ist dabei am vortheilhaftesten sich einen Zufluss isolirt zu denken. Die Länge eines Gletschers hängt wesentlich von der Grösse seines Firnmeeres ab. Der schmale Zufluss aus einer kleinen Mulde wird demnach ungleich kürzer werden müssen, als der aus einer grösseren; während der letztere ein integrierender Theil des Gletschers bleibt, verschwindet jener schon lange vor dem Aufhören des ganzen Gletschers. An seine Stelle, die jetzt frei ist, treten die Eismassen des grösseren Nachbars ebenso, wie sie die Sinuositäten des Thales im allgemeinen ausfüllen; die Moräne, welche anfangs zwischen beiden gelegen hatte, wird jetzt durch die seitliche Ausbreitung der übrigen Eismasse zur Randmoräne. Es ist daher nicht gleichgültig, auf welchem Theile eines Gletschers wir die Zahl der Zuflüsse untersuchen wollen; viele erstrecken sich nur auf sehr kurze Entfernungen vom Firnmeere; nur an der Firngrenze unmittelbar beginnend, können wir die Zuflüsse mit Sicherheit zählen.

Die Kenntniss dieser Verhältnisse ist uns nicht nur für die Characteristik eines

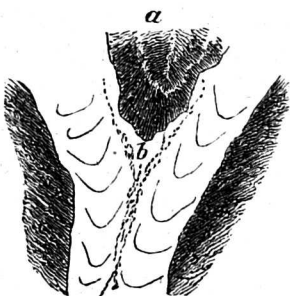
einzelnen Gletschers wichtig, sondern die Formen des ersten Auftretens und die kurze Entwicklung von einzelnen Zuflüssen ist für das Studium der Gletscher auch von allgemeinem Werthe, insofern sie uns Aufschlüsse über die Bedingungen der Gletscherbildung gewähren. Wir suchten daher auf der Pasterze die zahlreichen Zuflüssen und Moränen mit möglichster Sorgfalt zu unterscheiden. Die folgende Darstellung derselben, welche eine Erläuterung zur Karte dieses Gletschers bildet, dürfte als ein Beitrag zur speciellen Topographie der Gletscher erster Ordnung betrachtet werden. Einzelheiten über die Zusammensetzung anderer Gletscher sind später angeführt, wenn sie auf die Structur, die Bewegung und die Oscillationen derselben Einfluss erlangen.

Die Pasterze besteht aus zwei wesentlichen Gruppen, die sich bis an das Ende derselben erhalten und selbst über den »Absturz« hinab noch deutlich getrennt sind. Sie kommen rechts und links vom Johannisberge, neben den beiden Burgställen herab, der eine aus den Todtenlöchern, der andere von der Hohen Docke. Unser Plan bezeichnet dieselben mit III und IV. Man könnte vielleicht erwarten, eine schöne grosse Mittelmoräne würde diese beiden Gruppen trennen und sie schon von weitem deutlich characterisiren. Allein diess ist hier nicht der Fall; die erste grosse Moräne von der Johannishütte gegen den Grossglockner tritt weit jenseits dieser Stelle auf; und selbst bei aller Aufmerksamkeit findet man bis zu der eben genannten Moräne keine Steine, die früher eine Moräne vertreten könnten. Allein ist die Stelle erreicht, wo sie liegen sollte, so bemerkt man eine Vertiefung, die als schmale Linie über den ganzen Gletscher gezogen scheint. Wir kannten im Anfange ihre Bedeutung nicht, und suchten den Grund dafür in irgend einer Verschiedenheit des Eises. Diese war auch zur Genüge vorhanden; wir standen nämlich auf einem Firne, der sich in nichts von jenem der Firnmeere unterschied. Am oberen Ende des Gletschers waren diese Massen sehr breit, 40 Meter und darüber, auch zeigten sie dort sehr häufig grosse Höhlen und Längenspalten; die letzteren waren sehr tief, aber wurden nach unten zugleich sehr enge. So weit wir unsere Messschnüre hinablassen konnten, an manchen Stellen bis 50 Meter, fanden wir an den Wachsüberzügen des Senkbleies nur die Eindrücke der Firnkörner; sehr oft wurden auf diese Weise auch einzelne derselben aus der Tiefe heraufgeholt; aber es kamen keine Theilchen von Felsen oder Schlamm zu Tage, die sich auf der Unterlage der Gletscher doch überall reichlich finden müssten. Querspalten hatte dieses Firnband nicht; auch die Längenspalten verloren sich schon wenige 400 Meter unter den Burgställen. Wir konnten (August 1846) auf dieser Furche als dem ebensten und am meisten spaltenfreien Theile des Gletschers von der Linie A bis zum Rande des Hohen Sattels vordringen ohne auf irgend ein Hinderniss zu stossen, während wir dabei an Stellen der seitlichen Theile vorüber kamen, die durch ihre Zerrissenheit jedes Vordringen vom Ufer auf diesen Punct in der Querlinie unmöglich gemacht hätten. Dabei bemerkten wir, dass diese Firnmasse von oben nach unten immer schmaler wurde, dass von Zeit zu Zeit Aeste sich trennten, die zwar anfangs fast parallel mit dem ursprünglichen Zuge liefen, später aber in kleinen Curven sich nach den Ufern hinwandten und allmählich, immer dünner werdend, verschwanden.

Diess war das Resultat unserer damaligen Untersuchungen. Als wir zwei Jahre später vom Grossglockner aus den ganzen Gletscher mit jenen hyperbolischen Linien, den Ogiven, bedeckt fanden, überzeugten wir uns auch, dass dieses Firnband nichts anderes sein könne als die Trennungslinie von zwei mächtigen Zuflüssen, denn zu beiden Seiten derselben zeigte sich ein sehr ausgesprochenes System von gesonderten Ogiven. Hier hatten wir auch Gelegenheit den Verlauf dieser Firnmassen, die wir zum Unterschiede von anderen, als Firnmoräne bezeichnen können, von ihrem Ursprunge bis zum Ende zu verfolgen. Sie wurde selbst durch die jähe Senkung am Hohen Sattel nicht zerstört und zeigte sich am Unteren Boden ganz deutlich wieder. Sie lässt sich dort ohne Schwierigkeit erkennen sowohl an ihrem Gefüge, als daran, dass sie constant die tiefste Stelle der Mitte bildet. Jedoch sind die seitlichen Ausläufer sehr gross, und fast rechtwinklig auf der Längsachse; daher verliert sie ungemein an Mächtigkeit; die letzten Theile des Eises auf der Margaritze scheint sie nicht mehr zu erreichen. Ein sehr schöner Ueberblick gerade des Unteren Bodens von der Rachen und dem Wasserradkopfe aus, bestätigte diess vollkommen.

Ihre Entstehung dürfte schwieriger als ihr Verlauf zu untersuchen sein. Von wesentlichem Einflusse ist, dass die beiden Zuflüsse, ehe sie zusammentreten, von einer Terrasse herabsteigen; dazu kommt noch, dass sich in der tiefen Mulde vom Johannisberg ein Felsenkamm unter dem Niveau des Firnes herabzieht, der sich an Querlinien über die oberen Theile des Firnmeeres ganz entschieden durch die Erhöhung desselben bemerken lässt. Für die Existenz dieses Kammes spricht überdiess die Analogie. Denn in Mulden, die weniger tief von Firn bedeckt sind, sieht man, dass regelmässig solche Felsenlinien sie durchziehen, wenn an ihrem Ende so bedeutende Erhebungen, wie hier der Johannisberg, auftreten. Es ist also offenbar eine entschiedene Trennung der Firnmeere vorhanden, wenn auch ihre obersten Lagen sich zusammenhängend auszubreiten scheinen. Es bilden sich daher in der Tiefe zwei getrennte Gletscher mit zwei gesonderten Systemen von Bändern, die sich bei ihrem Austreten aus dem Firnmeere und bei dem Auskeilen des Kammes berühren. Da aber die Felsen auch dort noch von einigen Firnschichten bedeckt sind, können sich keine Steine loslösen und so zur Bildung einer Moräne beitragen.

Fig. 27.



Plan für die Entwicklung der Firnmoränen,

Soll nun die Scheidung dieser zwei Gletschersysteme von solchen Zufälligkeiten abhängen, da ja die Moräne ohnehin nur eine oberflächliche Trennung ist? Dass in einem solchen Falle eine Verschiedenheit in den Ogiven, beide Zuflüsse deutlich characterisiren muss, wird man leicht einsehen. Allein in unserem Falle sind sie auch noch durch ein deutliches Firnband getrennt.

Wir können uns die Entstehung desselben am anschaulichsten machen, wenn wir schematisch eine kleine Karte dieser Verhältnisse entwerfen. Es sei *a* ein Felsen, an dessen Seiten Gletscher vorbeikommen. Jeder derselben hat eine Seitenmoräne,

die sich später zu einer gemeinschaftlichen Mittelmoräne vereinigen. Aber diess geschieht nicht hart am Ende des Felsens. Die beiden Gletscher werden sich zwar mehr nähern, so bald der seitliche Widerstand des Felsens aufhört; allein es geschieht diess nicht ganz plötzlich; die Moränen vereinigen sich erst in einer kleinen Entfernung vom Felsen, und es bleibt zwischen diesen und dem Vereinigungspuncte der Gletscher ein Zwischenraum *b*, der bei grosser Breite des trennenden Felsens manchmal sehr deutlich werden kann, in vielen Fällen aber nur unbedeutend ist. Diese Lücke ist z. B. sehr bedeutend entwickelt an dem fast rechtwinkligen Zusammentreffen des Hintereis- und Kesselwandgletschers; weit kleiner ist sie am Zusammenfluss des Stock- und Marcellgletschers; sie lässt sich auf unserer Zeichnung (Taf. III) als eine flache, mit Geröll erfüllte Stelle erkennen. Denken wir uns nun dieselben Verhältnisse für den Fall wiederholt, dass das Ende des Felsens noch hinter der Firnlinie liegt, und so niedrig ist, dass es von dem Firne bedeckt wird. Wenn in diesem Falle die beiden Gletscher unter dem Firne zusammen stossen, so lassen sie ebenfalls eine Lücke, aber diese ist jetzt nicht leer, sondern mit Firn gefüllt. Der letztere wird zwischen den beiden Eismassen eingeklemmt und über den ganzen Gletscher hingezogen. Diese Firnmasse müsste aber bald erschöpft sein, wenn nicht der ganze Verlauf unter einer allgemeinen Firndecke vor sich ginge. Es stürzen so in diese Lücke von oben stets neue Massen nach. An der Pasterze finden sich an der entsprechenden Stelle über der Burgstallterrasse grossartige Furchungen und Verwerfungen der Firnschichten.

So sehr ein solcher Vorgang nach diesen Betrachtungen an Wahrscheinlichkeit gewinnt, so bleibt es doch immer überraschend, mit welcher Regelmässigkeit und Deutlichkeit die Firnmoräne auf der Pasterze sich entwickelte. Selbst an einer anderen Stelle am Grossen Burgstall, wo die Firnmasse einer mächtigen Lawine hart an das Eis ansties, finden sich einige losgetrennte ähnliche Stücke. Auffallend bleibt, dass der Firn auf dem langen Wege durch die Pasterze nicht in Eis übergeht. Allein man muss sich die Lage dieses Firnes so denken, dass er eingekellt ist und nicht bis auf den Boden hinab reicht, also sein Schmelzwasser ihn durchsickert und dann wie das Gletscherwasser abfließt, während es im Firnmeere die untersten Schichten durchtränkt, und dadurch sehr wesentlich zu seiner Metamorphose in Gletschereis beiträgt.

Das Auftreten einer Firnmoräne gehört der Pasterze keineswegs ausschliesslich an. Es befindet sich eine ähnliche, wenn auch kleinere Firnmoräne auf dem Leitergletscher, und sehr viele schön entwickelte am Vernagt; wir werden die letzteren noch ausführlich behandeln, wenn wir von den Ogiven dieser Gletscher sprechen. Auf der Karte des Öetzthales sind dieselben nach unsern letzten Beobachtungen des Jahres 1848 eingetragen. Wir erinnern uns nicht, dass dieses Phänomen schon früher beobachtet wurde. Die meisten Gletscher, die aus zwei Hauptzuflüssen bestehen, haben eine Mittelmoräne im gewöhnlichen Sinne. So der Aargletscher, das Mer de Glace u. s. w. Auch wir können die Fälle mit grossen Firnmoränen nur zu den Ausnahmen zählen, während am Hochjoch, am Hintereis, am Niederjoch, am Marcell- und Vermontgletscher u. s. w. immer Stein-

moränen als Trennungslinien auftreten. Nur ganz in der Nähe der Firnlinie sahen wir sie noch einige Male, aber sehr klein. Sie beweisen stets eine grosse Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung eines Gletschers und die Selbständigkeit einzelner Zuflüsse.

Betrachten wir nun die Zuflüsse der Pasterze im einzelnen, wobei wir auf der linken Seite, auf der des Grossen Burgstalles, beginnen wollen.

Jenes Firnmeer, dessen hinterste Grenzen durch die linken Abhänge des Johannisberges und durch die Hohe Docke gebildet sind, sendet den bei weitem grössten Zufluss auf der rechten Seite des Burgstalles herab. Nach rechts¹⁾ ist er durch die beschriebene Firnmoräne begrenzt; nach links hat er keinerlei Moräne, bis er am Burgstall vorbei kommt; dort bilden sich drei Steinlinien, welche wir mit *GBa*²⁾, *GBb* und *GBc* bezeichnen wollen.

Da es die ersten Moränen sind, welchen wir begegnen, so können wir an dieselben einige Betrachtungen über die Entstehung der Moränen im allgemeinen anknüpfen. Einzelne Steine sind es, die durch Verwitterung losgelöst, zuerst auf den Gletscher fallen, doch bilden sie noch lange nicht das, was wir an den unteren Theilen als hohen und breiten Schuttwall zu sehen gewohnt sind. Erst wenn der Gletscher durch Hindernisse der Unterlage, durch Breiterwerden wegen veränderter Thalform gezwungen wird, sich langsamer zu bewegen oder die geradlinige Fortsetzung seines Laufes mit einer mehr seitlichen Richtung zu vertauschen, sammeln sie sich mehr und mehr, und bilden breite Streifen.

In der Nähe des Burgstalles sind die Moränen, wie überall in ihren ersten Anfängen, mehr angedeutet als gebildet. Ein Theil dieses Zuflusses, der zwischen dem Grossen Burgstall (*GB*) und dem Hohen Burgstall (*HB*) durchgeht, bildet durch Abbrüche über dem Burgstall bei *E*¹ und *E*² kleine Eisrinnen (*Truelles*). Auch sie bringen am unteren Rande die schmalen Seitenäste *GBd* und *GBe* mit, welche mit den ersten sich zur gemeinschaftlichen *GB*¹ vereinigen. Noch ist sie Randmoräne: vom Hohen Burgstall aber begleitet den Zufluss II eine linke Seitenmoräne *HBa*. Sobald der erwähnte Zufluss den Gletscher erreicht, wird *GB*¹ Mittelmoräne, *HBa* Seitenmoräne, aber nur auf kurze Zeit, denn ein Zufluss I drängt sich über die Felsen herab, welche den Namen »im Wasserfalle« führen; er macht jetzt auch *HBa* zu einer zweiten Mittelmoräne von kurzer Erstreckung. Der Zufluss II hört bald auf, die beiden Mittelmoränen vereinigen sich und bilden von nun an eine gemeinsame. Der Wasserfallgletscher zieht sich sehr male-ricisch über einen Felsen herab; ein Stück desselben, nahe der Mitte, ist dabei so dünn, dass es über eine senkrechte Wand, welche ihm begegnet, nicht mehr herabkommen kann³⁾; der Gletscher bricht dort ab und macht es dadurch möglich, dass ein Theil des Gletscherwassers als jener breite trübe Wasserfall herabstürzt, dem der Felsen seinen

1) Die Bezeichnungen von »links« und »rechts« beziehen sich wie bei einem Flusse darauf, dass der Beobachter thalabwärts sieht.

2) *GB* bedeutet »Grosser Burgstall.«

3) Vergl. Fig. 28 der folgenden Seite.

Namen verdankt. Wenn wir das Aufhören eines Zuflusses als abhängig von seiner Dicke angaben, so kann uns gerade dieser Fall als Beweis dafür dienen. Die Länge dieses Zuflusses von dem Punkte, an welchem er die Pasterze erreicht, bis zu seinem Ende ist bekannt; sie beträgt nur 1000 Meter; am Wasserfalle ist durch das Abbrechen ein natürlicher Durchschnitt geboten, der in der That die geringe Dicke von 24 Metern zeigt, was die Kürze seiner Erstreckung hinlänglich erklärt. Sobald der Wasserfallgletscher aufhört, verbreitet sich der Zufluss III in der Art, dass alle bisherigen Moränen zur Seitenmoräne (St. M.) gedrängt werden, die durch herabfallende Steine von der Freiwand während des Laufes des Gletschers noch immer vergrößert wird.

Auf der rechten Seite der Pasterze erreichen die Zuflüsse und Moränen im allgemeinen eine grössere Länge, so dass schön entwickelte Moränen bis zum Absturze sich fortziehen. Ihre Entstehung ist folgende. Der grosse Zufluss der Todtenlöcher IV bekommt, wo er am Kleinen Burgstall vorbei streift, eine schwache Moräne *KBa*¹⁾. Eine zweite bildet sich in der Spalte, welche die Felsen des Burgstalles zwischen sich lassen, *KBb*; sie verbindet sich sehr bald mit der ersten zu *KB*¹. Ein Zufluss, der von der Seite des Glocknerkammes herab kommt, erhält ebenfalls, an dem Burgstalle vorbeizie-

Fig. 28.



Moränengruppe auf der Pasterze.

a. Abhänge des Sinibaleck. b. Wasserfallgletscher, mit dem Felsen im Wasserfall und einer kleinen Mittelmoräne. c. Grosser Burgstall; an seinem Fusse die Moräne *GB*¹. d. Johannisberg. e. Kleiner Burgstall, ein (schwarzer) Felsen von 500 Fuss relativer Höhe. f. Abhänge des Grossglocknerkammes. g. Rechte Seitenmoräne. h. Kleine Mittelmoräne *KB*¹. i. Mittelmoräne *KB*³ mit dem Bewegungspfehl No. 6 Linie B. k. Bewegungspfehl No. 5. l. Linke Seitenmoräne *St. M.* Höhe des Standpunctes 7498 P. F.

1) *KB* bedeutet »Kleiner Burgstall«.

hend, eine kleine Moräne *KBc*; er bringt aber auch weiter von oben her einige Steine mit, welche sich zu einer selbständigen Moräne sammeln, die wir mit *KBd* bezeichnen. Sie ziehen beide eine Zeit lang immer mehr sich nähernd fort. Alle Moränen des Kleinen Burgstalles vereinigen sich zu *KB³*; dies ist die schöne Moräne, welche sich bis zum Absturz erhält; auf ihr liegt Block 6 der Querlinie, »B Johannishütte«.

Diese Vereinigungsstelle gewährt einen schönen Ueberblick über mehrere Moränen. Wir können sie bis in ihre oberen Theile in der Nähe des Kleinen und Grossen Burgstalles verfolgen, wo sie an Breite und Mächtigkeit abnehmen. Ihre Blöcke stammen grossentheils aus den Abhängen den Glocknerkämme her und bestehen häufig aus sehr krystallinischem Chloritschiefer. Bald lösen sich von *KB³* auf der linken Seite einige Moränenfetzen, in der Richtung gegen die Mitte los, wodurch diese Moräne bedeutend an Breite zunimmt. Auch nach der rechten Seite finden solche Lostrennungen statt, und einzelne Theile werden so weit entfernt, dass sie die Mitte des Zuflusses VI erreichen, und dort eine neue Mittelmoräne *KB⁴* veranlassen. Es ist dieser Fall dadurch ausgezeichnet, dass hier eine Moräne entsteht, die nicht an einem anstehenden Gestein beginnt, sondern nur durch Abzweigen sich bildet.

Alle folgenden Moränen werden jetzt von den Seitengletschern hervorgebracht, welche an den östlichen Abhängen des Glocknerkammes sich herabziehen. Wir müssen bemerken, dass die verschiedenen grösseren und kleineren Vertiefungen dieses Kammes nach den Angaben unserer Führer und mehrerer sehr zuverlässiger Jäger in vier Gruppen gebracht werden, welche mit den topographischen Verhältnissen sehr gut übereinstimmen. Es wird daher am besten sein, dieselben unverändert beizubehalten, um so mehr, weil mit neuen Namen so leicht Verwirrung hervorgebracht wird. Es gruppieren sich demnach diese Gletscher von den Leiterköpfen bis zum Austritt der Pasterze aus dem Firnmeere, wie folgt:

I. Von den Todtenlöchern¹⁾ gegen den Grossglockner und den Kellerberg (Glocknerkahr).

a. Inneres Glocknerkahr mit den Seitengletschern Sgl. 1, 2 und 3. Ober Sgl. 1. finden sich noch einige kleine Verzweigungen des Firnmeeres, welche nicht als selbständige Zuflüsse betrachtet werden können.

b. Aeusseres Glocknerkahr mit Sgl. 4 und der dazu gehörigen Eisrinne *E⁵*, ferner mit Sgl. 5 und 6.

II. Vom Kellerberge gegen den äussersten Leiterkopf (Tiefenthal.)

c. Inneres Tiefenthal mit Sgl. 7 an den Abhängen des Schwertock Sgl. 8 am dritten Leiterkopf mit der Eisrinne *E⁴*.

d. Aeusseres Tiefenthal mit den zwei secundären Gletschern am ersten Leiterkopfe Sgl. 9 und 10.

Von allen diesen erreichen Seitengletscher 1, 2, 3 und 4 die Pasterze unmittelbar, die anderen sind so gelagert, dass sie nur durch Abbrüche und Eisrinnen mit ihr in Verbin-

1) Unsere Darstellung auf der Karte wird verständlicher werden, wenn man damit die Zeichnung des Grossglockners vergleicht, welche in Tafel VII. gegeben ist; die hier gebrauchten Bezeichnungen finden sich auch dort auf der Pause.

dung stehen, weil sie an so steil abfallenden Wänden endigen, dass beim Vorrücken ihre Continuität aufgehoben wird. Vom Seitengletscher 2 kommt jener Zufluss, der in der Reihe der Pasterzentheile mit VII bezeichnet ist. Er bringt zwei Moränen *IGa* und *IGb*¹⁾. Beide zeigen sich, wie viele ähnliche Moränen, ganz plötzlich da, wo die Firngrenze ist. Jene Steine nämlich, welche von den Abhängen des Glocknerkammes auf den Firn rollen, versinken dort, und werden durch die neuen Schneefälle oft tief bedeckt, treten aber allmählich auf, sobald der Firn bis an jene Grenze abgeschmolzen ist, wo seine Metamorphose in Gletschereis vollendet ist; denn im letzteren vermag kein Stein einzusinken. Auch diese beiden Moränen sind in ihren Anfängen nur eine Reihe von Steinen in mässigen Entfernungen. *IGa* ist sogleich Mittelmoräne und verbindet sich mit den Moränen des Kleinen Burgstalles *KB*³ und *KB*⁴. *IGb* ist Randmoräne, erhält durch die Eisrinne 4, zum Seitengletscher 4 gehörig, einen kleinen Zuwachs *IGc*. Noch wird sie aber nur wenig vom Rande entfernt, sondern bleibt demselben auch als vereinigte Moräne *IG*¹ sehr nahe, bis sie von den Gletschern 5 und 6 des äusseren Glocknerkammes erreicht wird. Mit diesen beginnen die Moränen des äusseren Glocknerkahres.

Die Seitenmoräne *AGa*²⁾ wird sogleich mit *IG*¹ vereint Mittelmoräne. Auch die Gletscher 5 und 6 sind, wie der Wasserfall, ursprünglich einer, trennen sich aber oberhalb eines Felsens, der das Eis zum Abbrechen nöthigt. Er ist mit einer schönen Krone von Eispyramiden versehen; eine Ader hellen Steines, (Kalk-Glimmerschiefer,) diene uns als fixer Punct bei unseren Beobachtungen über die Gletscherbewegung auf der Linie »B Johannishütte«. Es bildet sich am Fusse dieses Felsens eine Eisrinne, welche ebenfalls einen Seitenast *AGb* der Moräne *AGI* zusendet; diess wird dadurch vorzüglich möglich, dass mit den Gletschermassen die Trümmer einer kleinen Mittelmoräne in die Rinne fallen, welche die Seitengletscher 5 und 6 trennt; ihr Ursprung ist aber nicht weit oberhalb des Felsens zu suchen. Eine sehr mächtige Randmoräne *AGc* vereinigt sich ebenfalls mit *AGI*, und wird durch die schuttbeladene Rinne *E*⁶ des Schwerteckgletschers (Sgl7) dahin gedrängt. Diess ist die letzte, welche noch Mittelmoräne wird; von nun an tragen die kleinen Zuflüsse aus den letzten secundären Gletschern und den entsprechenden Rinnen 7, 8, 9, nur dazu bei, die Seitenmoräne zu verstärken. *AGI* ist bei weitem die mächtigste der rechten Seite. Sie wird so breit und so reich an deckenden Massen, dass ihre obersten Lagen von Schlamm und kleinen Steinen ganz trocken liegen und so durch ihre hellere Farbe von den feuchteren Stellen der Umgebung sehr deutlich hervortreten. Es ist diese trockene Stelle am Plane bemerkt. Der Unterschied der Färbung war so gross, dass wir aus der Ferne glaubten, die Moräne bestände aus zweierlei Gestein, was aber bei näherer Betrachtung nicht der Fall war.

Kurz vor dem Absturze enden alle Zuflüsse mit Ausnahme von III und IV; diese werden breiter und drängen die Moränen auf die Seite. Die Zerklüftung des Eises trägt

1) *IG* bedeutet »Inneres Glocknerkahr«.

2) *AG* bedeutet »Äusseres Glocknerkahr«.

überdiess bei, diese Schuttwälle zu zerstören und in den Tiefen des Eises zu verbergen. Am See des grünen Thores, (wir erinnern an die Zeichnung Fig. 23. Seite 62.) verschwinden grosse Theile der vereinigten rechten Seitenmoränen in den Gletscherspalten.

Ein summarisches Zusammenfassen der Zuflüsse und Moränen ergibt: links von der Firnmoräne neun verschiedene Moränen, auf der rechten Seite vierzehn. Diese vereinigen sich zu zusammengesetzten Mittel- und Seitenmoränen. Auf der Linie A sind wegen der starken Neigung der Zuflüsse noch keine deutlichen Seitenmoränen am Hauptgletscher ausgebildet. Eine ganz andere wird die Zahl und Vertheilung auf der Linie B, wo bei der gleichmässigen Neigung des Gletschers zwei bedeutende Seitenmoränen und mehreren Mittelmoränen auftreten.

Die Zahl der Zuflüsse ist natürlich geringer als jene der Moränen; theils weil oft ein Seitengletscher mehrere derselben bringt, theils, weil einzelne Felsen, z. B. die beiden Burgställe, ebenfalls mehrere Moränen veranlassen können. Bei den Zuflüssen ist auch die Länge angegeben, wobei jedoch der Ausgangspunkt der Messungen nicht der Austritt aus den betreffenden Firnmeeren, sondern jene Stelle ist, an welcher der Zufluss in das Thal der Pasterze eintritt.

Nummer.	Name.	Länge in Metern.
I.	Zufluss von den Wasserfällen.	4000
II.	Zufluss des Hohen Burgstalles.	700
III.	Zufluss der Hohen Docke.	5440
IV.	Zufluss der Todtenlöcher.	5360
V.	Erster Zufluss vom Kleinen Burgstall.	4340
VI.	Zweiter Zufluss vom Kleinen Burgstall.	3000
VII.	Zufluss des inneren Glocknerkahres.	3300
VIII.	Erster Zufluss des äusseren Glocknerkahres.	VIII und IX sind sehr schmal, und werden bald von Moränenschutt so bedeckt, dass ihre Grenze nicht zu entdecken ist.
IX.	Zweiter Zufluss des äusseren Glocknerkahres.	

III. und IV. sind von der Firnlinie an gerechnet, die übrigen von ihrem Eintritte in das Thal des gemeinschaftlichen Gletschers; die Angaben sind in runden Zahlen.

Am Untern Boden kommen keine neuen Zuflüsse hinzu. Die Firnmoräne bleibt deutlich bis nahe an die Margaritze, und die beiden Zuflüsse, der von den Todtenlöchern und jener der Hohen Docke, erhalten sich so bis zum Ende des Gletschers. Die übrigen Moränen wurden schon vor dem Absturze alle zu Seitenmoränen. Diese jähe Senkung bringt viele Veränderungen an denselben hervor. Die Moräne der linken Seite, welche die schwächere ist, verschwindet in den Spalten des Abbruches; an mehreren Stellen des Ufers schmiegt sich das Eis nicht genau an das feste Gestein an, es entstehen dadurch Lücken, in welche grosse Theile der Moräne hinabstürzen und so von der Oberfläche verschwinden. Es bleibt bis zu jenem Punkte, wo der Gletscher sich zum Pfandelbach herabsenkt, nur Sand und kleineres Gerölle übrig, welches stellenweise sehr weit in den Gletscher hineinreicht.

Vom Pfandelthale abwärts tritt wieder eine stärkere Seitenmoräne auf, die von den Felsen in der unmittelbaren Nähe ihr Material empfängt; von den oberen Chloritschiefern des Burgstalles und der Freiwand enthält sie nichts mehr.

Auf der rechten Seite ist die Moräne weit grösser; sie erhält sich und fördert grosse Massen von Sand und Gerölle in den See; Chloritschiefer ist aus den oberen Thälern noch in grosser Menge vorhanden. Sie bedeckt einen der spaltenreichsten Theile des Gletschers, und ist ein Beispiel dafür, dass auch Moränen von Spalten durchzogen sein können, während ihre grosse Continuität an manchen andern Stellen zu der Meinung veranlassen könnte, dass eine Spalte nie eine Moräne durchsetze. Die feineren Theile überziehen auch die Abhänge; sie bilden stellenweise Schuttanhäufungen von 4 bis 5 Fuss Tiefe, und verbreiten über das ganze Eis eine dunkle Farbe. Bei der geringen Breite der Eiskämme und Nadeln, auf welchen manche Blöcke liegen, ist es oft möglich grosse Massen mit Leichtigkeit in die Tiefe zu schleudern; sie stossen in den engen Spalten unzählige Male gegen die Wände, und keilen sich mit donnerartigem Getöse in der Tiefe fest. Dies Hinabfallen geschieht sehr häufig durch das Abschmelzen der Spaltenränder von selbst. Man hört dann in der Nähe des Gletschers dieses wilde Lärmen, was sehr gut mit dem allgemeinen Character der Zertrümmerung übereinstimmt, der hier den zerrissenen Gletscher auszeichnet.

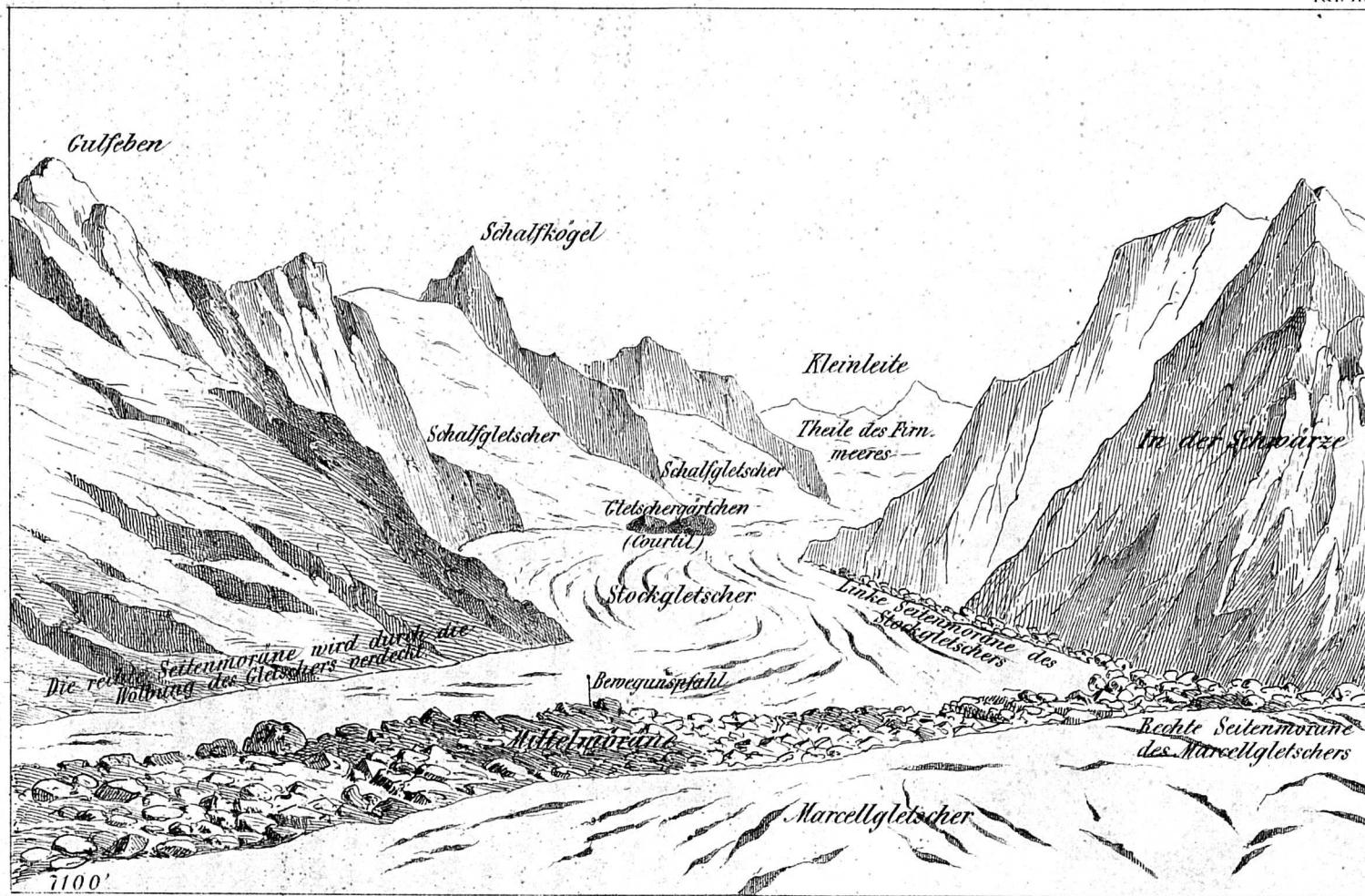
Obgleich die Haupttrichtung der Moräne in den See führt, so erreichen doch einige Theile derselben auch das letzte Ende des Gletschers auf dieser Seite; es werden ihr von

Fig. 29.



Die Endmoräne des Leitergletschers mit der Salmshütte.

a. Hohe Wandspitze. b. Unbedeckter Theil des Leitergletschers. c. Grosse Endmoräne. d. Reste der zerstörten Salmshütte. e. Salmshöhe, Grenze der Grasvegetation 8404 P. F.





Nach d. Nat. gez. von Ad. Schlagintweit 1858.

Geogr. Anst. v. W. v. S. in Berlin.

Lith. v. H. Mutzel.

Der Stock- und Marcellgletscher.

CAP. IV.

S t r u c t u r.

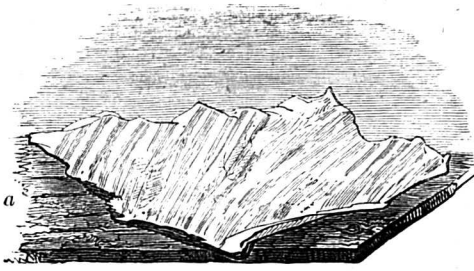
Die blauen Bänder. 1. Richtung vom Absturze bis zum Hohen Sattel. 2. Linie A. 3. Linie B. 4. Linie C. Die Ogiven. Vertheilung und Form auf einzelnen Zuflüssen. Ihre regelmässigste Form auf einem einfachen Gletscher. Allmähliche Vereinigung der Ogiven der einzelnen Zuflüsse. Verbreitung der Bänder im Innern. Firnschichten. Structur des Gletschers unabhängig von ihnen. Lage der Bänder an Quer- und Längen durchschnitten. Bänder am Wassereise. Structur an dem Ausgange des Gletschers. Schmutzbänder und Schmutzlagen. Faltungen der Bänder. Bildung und Vertheilung der Spalten. Unterschied in der Entstehung der Spalten und der Bänder. Querspalten. Randspalten. Längenspalten. Schliessen der Spalten. Gräben. Cylindrische Oeffnungen als Reste der Spalten. Mühlen.

Die blauen Bänder.

Eine der wichtigsten Eigenschaften des Gletschers ist die Structur seiner Masse, mit ihr hängt die Entstehung des Eises aus dem Firne, das System der Spalten und Ogiven und vieles Andere so innig zusammen, dass dadurch ein sorgfältiges Studium derselben geboten ist. Wir ziehen es vor, die Daten in der Reihenfolge der Beobachtungen an einigen Quer- und Längenprofilen der Pasterze darzulegen, statt sie mehr systematisch nach den verschiedenen Entwicklungsstufen zu vereinen. Bei diesem Gegenstande, dessen Untersuchung so leicht von theoretischen Voraussetzungen abhängig wird, scheint es nöthig, so viel als möglich die ursprüngliche Form der Beobachtung beizubehalten, um die daraus abgeleiteten Ansichten nicht zu sehr mit jenen zu vermengen.

Die Structur umfasst das Auftreten der Bänder, der Ogiven und der Spalten. Die ersten sind Lagen von blasenreichem weissem Eise, die mit anderen abwechseln, welche dadurch, dass die Luftblasen durch wassererfüllte Canäle ersetzt sind, blau erscheinen. Sie sind oft sehr schmal und liegen sich so nahe, dass man sie an einzelnen Handstücken

Fig. 30.



Blaue Bänder an einem Stücke Eis.

a. Unterlage. Länge des Stückes 55 Centimeter; Breite 20 Centimeter.

Pasterze, sowie jene, welche von dem Absturze bis zum Firnmeere am linken Rande fortläuft.

4. Linkes Ufer der Pasterze vom Hohen Sattel bis Grossen Burgstalle²⁾.

Der Anfang dieser Richtung ist sehr zerklüftet; ein Gewirre von Eisnadeln und mauerartigen Wällen durchzieht den Gletscher schon in einiger Entfernung von dem Absturze. Die Structur der blauen Bänder ist hier an den zahlreichen Klüften, natürlichen Durchschnitten, sehr deutlich. Nur an den am meisten isolirten Theilen ist die Unterscheidung beider Arten von Eis etwas schwieriger, wegen der Entleerung der Wasserkanäle, welche wir schon früher kennen lernten³⁾. Aus derselben Ursache ist die Bänderstructur an der Oberfläche des Gletschers stets schwerer zu erkennen, als an Spaltenwänden. Nach sehr warmen Tagen, wenn eine grosse Menge von Schmelzwasser sich bildete, oder nach einem Regen zeigt sich die Oberfläche von diesen Bändern überall durchzogen.

Vom Absturze nach aufwärts begegnen wir noch vielen Spalten, meistens rechtwinklig auf der Längsachse des Gletschers. Bald aber beschränken sich diese mehr auf die Mitte, die Uferseiten werden compact und auffallend eben; unmittelbar gegen dieselben fällt der Gletscher steil ab. Sobald die Spalten aufhören, treten Linien auf, welche der Gletscherachse parallel laufen; sie haben 3 bis 4 Meter gegenseitigen Abstand und sind dadurch sehr kenntlich, dass von innen nach aussen stets eine Senkung eintritt. Man findet bei näherer Untersuchung, dass sie durch eine Lage blauen Eises getrennt sind, den ersten mächtigen blauen Bändern, welchen wir begegnen; diese haben eine Breite von 6 Centimetern.

Bei der Beurtheilung der Lage solcher Bänder können wir Folgendes berücksichtigen:

1) Wir haben für diese Erscheinung den französischen Namen »Ogiven« (Ogive = Spitzbogen) beibehalten, mit welchem sie jetzt ziemlich allgemein bezeichnet wird.

2) Auf der Karte sind die wichtigsten Einzelheiten eingetragen, welche wir hier erwähnen werden.

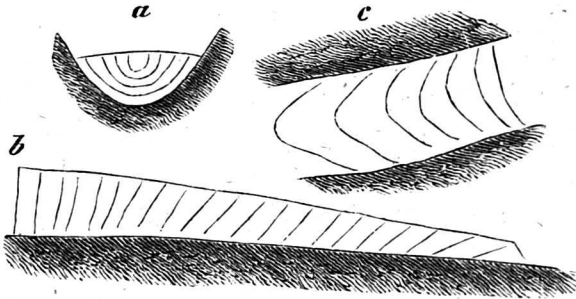
3) Seite 44. Fig. 5.

1) die Neigung derselben an einem Querschnitte Fig. a.

2) Ihre Neigung an einem Längendurchschnitte Fig. b.

Fig. 31.

3) Die Contour ihrer Enden an der Gletscheroberfläche Fig. c. (Ihr Streichen). Die schraffirten Theile bezeichnen das Ufer oder die Unterlage.



Lage der Bänder.

Die Bänder, welche die erwähnten Bänke trennen, streichen mit dem Ufer fast parallel und fallen gegen die Mittellinie des Gletschers unter einem Winkel von 60° ein. Neben diesen grösseren Bändern laufen gewöhnlich auch viele kleinere fast parallel mit denselben. Die blauen Bänder begleiten uns in den verschiedensten Grössen bis zur Firnlinie, während sich die Senkung des Eises neben solchen Bändern nur an den ebenen Randparthien des Gletschers zeigt. An Längenspalten betrachtet, werden die Bänder immer steiler, wie in *b* der obenstehenden Figur, je mehr man sich der Firnlinie nähert. Ihre Neigung beträgt am Absturz 60° , in der Nähe der Johannishütte schon 75° . Da der Gletscher hier sehr zerklüftet ist, lässt sich öfter bemerken, dass Bänder an der einen Spaltenwand nicht mehr genau die Fortsetzung jener an der zweiten Wand sind. Aehnliche Verwerfungen kehren in den zerklüfteten Theilen des Gletschers häufig wieder.

Eine andere Veränderung zeigt sich an den blauen Bändern in den Randparthien, je mehr man sich dem Anfange des Gletschers nähert; sie streichen nämlich immer weniger der Längsachse des Gletschers parallel; und machen mit ihr bald namhafte Winkel, bis sie in der Nähe der Burgställe fast senkrecht auf ihr stehen (Fig. 32). Kurz oberhalb der Johannishütte begegnet man dem ersten seitlichen Zuflusse, dem Wasserfallgletscher, der einen nicht unbedeutenden seitlichen Druck ausüben muss, da er die sonst sehr regelmässigen Contouren der blauen Bänder in die mannigfaltigsten Formen faltet. Sie sind am auffallendsten an jener Stelle, welche ungefähr der Cascade des Gletscherbaches gegenüber liegt. Diese zahlreichen Faltungen grosser und kleiner Bänder sind von bedeutenden Unebenheiten des Bodens begleitet.

Fig. 32.



Bänder am Rande.

2. Vom Grossen zum Kleinen Burgstall. Linie A, Austritt des Gletschers aus dem Firnmeere.

Der Widerstand, welchen die Ecke des Grossen Burgstalles dem Zuflusse III entgegenstellt, bewirkt noch in einiger Entfernung zahlreiche Biegungen der blauen Bänder, welche hier fast genau vertical in die Tiefe fallen. Ehe wir weiter gegen die Mitte fortschreiten, müssen wir bemerken, dass die Contouren der blauen Bänder

an der Gletscheroberfläche im Grossen, also jene Curven, welche auf den verschiedenen Zuflüssen in der Karte eingetragen sind, für jetzt absichtlich übergangen werden; es wird für die Darstellung ihrer gegenseitigen Verhältnisse verständlicher sein, sie später für alle Zuflüsse zusammenzufassen.

24 Meter vom linken Ufer trifft man einige Zerklüftungen, meistens Spalten, die in der Tiefe geschlossen sind und, fast parallel der Querachse, sehr mannigfaltig gruppirte Berge und Thäler bilden; die hervorragendsten Theile derselben sind so von Bändern durchzogen, dass sie in Platten zerfallen. An schönen Tagen, wenn der Firn stark schmilzt, sind diese Stellen, welche der Firnlinie noch so nahe sind, mit reichen Wassermassen bedeckt. Sie strömen hier ungeachtet ihrer Menge in sehr unregelmässigen Betten, und bringen zuweilen auch Firn mit, der, ein Treibeis der kleinsten Form, weit über den Gletscher hinabgeführt wird. Bei 330 Meter vom Ufer ist die höchste Stelle des Zuflusses III erreicht. Die Bänder sind selten, und stehen, wo sie sich finden, senkrecht; Spalten fehlen fast gänzlich. Die Erhebung vom Ufer bis hierher beträgt 54 Meter; die durchschnittlich seitliche Neigung ist daher $8^{\circ} 30'$. Die Firnmoräne erreicht man bei 486 Meter; sie ist durch eine schmale aber sehr lange Kluft (1 Meter Breite) in zwei Hälften getheilt, ihre Breite beträgt 20 bis 25 Meter. Sie ist sehr eben, und macht sich dem Gletscher gegenüber dadurch bemerklich, dass ihre feinkörnigen Massen aufgelockert werden wenn die Temperatur einige Grade über 0° ist, und dann gegen die harte körnige Oberfläche des Gletschers bedeutend contrastiren. An der höchsten Stelle des Zuflusses IV, 624 Meter vom linken Ufer, stehen die Bänder der Querachse vollkommen parallel und fallen senkrecht in die Tiefe. Die zahlreichen Gletscherbäche, welche bald folgen (672 Meter) führen eine Menge von feinem Sande mit, vorzüglich zertrümmerten Chlo-ritschiefer. Derselbe gibt öfter Veranlassung zu schönen Schuttkegeln; auch mit den blauen Bändern steht er in einiger Beziehung. An mehreren Stellen wo dieselben sehr entwickelt sind, dringt er zwischen die verschiedenen Lagen ein, und bildet mehrere Fuss tief kleine dunkle Zwischenlinien. Der Gletscher endet gegen den Burgstall und die Zuflüsse der Glocknerseite sehr eben. Die Bänder sind jetzt nicht mehr mit der Querlinie parallel, sondern biegen sich, wie am jenseitigen Ufer, etwas gegen die Firnlinie zurück.

3. Von der Johannishütte bis zur Platte des Tiefenthal; Linie B.

Fig. 33.

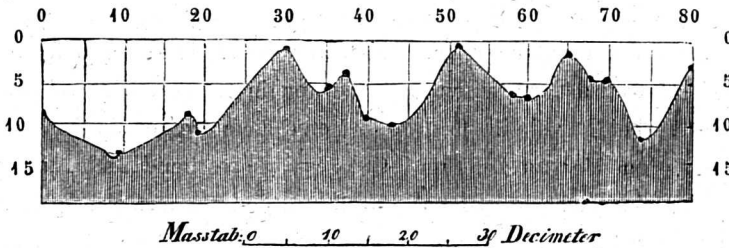


Faltungen der Bänder an der Oberfläche des Gletschers.
Länge 4 Meter, Breite 2 Meter.

Innerhalb der ersten 50 Meter vom linken Ufer sind die Faltungen der blauen Bänder sehr mannigfaltig; sie erstrecken sich noch bis zum ersten Stocke unserer Bewegungslinie, und hätten, hier allein beobachtet, leicht Veranlassung werden können den Bändern alle Regelmässigkeit der Richtung abzuspochen. Auffallend war uns, dass sich manche dieser Bildungen ganz in der Nähe von anderen, regelmässigen befinden, die ganz den Richtungen folgen, welche wir auf unserer Karte an der betreffenden Stelle angaben.

Bald beschäftigte noch eine andere Eigenschaft des Gletschers unsere Aufmerksamkeit, nämlich die Unebenheiten seiner Oberfläche; dieselben standen wie eine unübersehbare Reihe von Hügeln vor uns. Die Oberfläche des Gletschers bildete eine Curve, deren Ordinaten und Abscissen sich leicht bestimmen liessen. Wir spannten unsere Messschnur in einer Länge von 8 Metern aus, machten sie horizontal, und massen an 16 Punkten die verticalen Abstände der Gletscheroberfläche von ihr. Fig. 34 gibt die unmittel-

Fig. 34.



Gletscherhügel.

telbar gemessenen Grössen; es befanden sich auf einem horizontalen Raume von 8 Metern sieben Erhöhungen. Diese Hügel erstreckten sich von hier über die ganze Breite des Zuflusses III. Wir wollen sie im Gegensatze zu der allgemeinen Anschwellung des Gletschers von den Ufern gegen die Mitte »secundäre Erhöhungen« nennen.

An der höchsten Stelle des Zuflusses, wo sie besonders häufig waren, laufen die Bänder und diese Hügelreihen parallel der Querachse; in der Nähe der Firnmoräne machen die Bänder Winkel von 40° mit der letztern, weichen daher von ihrem Parallelismus mit der Querachse ab. Der Zufluss IV ist weit mehr zerspalten; auf 90 Meter kommen oft 6 bis 7 Klüfte, darunter mehrere von 4 oder 5 Meter Breite. Diess zwang uns, eine Strecke weit von der geraden Linie abzuweichen, und machte viele Umwege nöthig. Sehr auffallend musste uns sein, dass mit dem Auftreten vieler Spalten, die eben besprochenen Unebenheiten des Bodens verschwanden. Auch zwischen den zwei Moränen KB^3 und IG^1 ist der Gletscher sehr flach, aber Hügelzüge lassen sich ebenfalls erkennen, doch sind sie sehr niedrig, zusammenhängend, und, wie hier die blauen Bänder, laufen sie fast den Moränen parallel. An einigen der hervorragendsten bemerkte man seitlich sehr schön, dass auch sie in jenen löffelförmigen Flächen abschmelzen, welche wir schon früher kennen gelernt. Die Neigung gegen das Ufer der Glocknerseite ist nicht gross; sie lässt sich jedoch mit jener der Johannishütte insoferne nicht vergleichen, weil links das Ufer frei ist, hier aber, auf der rechten Seite, bedeutende Zuflüsse von den Abhängen des Glocknerkammes niedersteigen. Wenn hier die Randspalten selten sind, so ist diess wohl demselben Umstande zuzuschreiben. Ein wenig weiter abwärts, bald nach dem letzten Zuflusse sind sie so häufig, dass sie selbst die Moräne in grossen Massen durchsetzen.

4. Die Linie C des Unteren Bodens. Vom Eintritte des Pfandelbaches bis zum See an der grünen Thüre.

Der steile Abfall gegen den Pfandelbach, besteht fast nur aus blauem, sehr compactem Eise; er ist mit feinem Sande bedeckt, und nur an einzelnen Stellen ragen die weissen kleinen Kämme, welche wir bei der Abtragung des Eises näher besprechen werden, hervor. Seine Neigung ist sehr gross, sie steigt mitunter auf 55° , und macht so das Hinabkommen zum Bache ziemlich beschwerlich. Ueber diesem Abhange finden sich einige Spalten, oft von grosser Breite. Je weiter sie sind, desto tiefer reicht die Lage hinab, in welcher, wegen der grossen Auflockerung in Körner, die weissen und blauen Bänder nicht unterscheidbar sind. Erst bei 4 Meter Tiefe treten die weissen und blauen Bänder, die letzteren hier an Zahl und Grösse vorherrschend, mit der gewöhnlichen Farbe auf. An der Oberfläche des Gletschers und an den Rändern der Spalten, zeigen sich viele parallel laufende Linien, die nichts anders sind als die Begrenzungen der auch hier sehr zahlreichen Bänder. Der Farbe nach lassen sie sich zwar nicht unterscheiden, da bei der grossen Auflockerung die Durchtränkung selten hinreicht die Farbe deutlich zu zeigen. Aber die verschiedene Grösse ihres Körnergefüges macht die kleinen Furchen an ihren Begrenzungen hervortreten. An Längenspalten zeigen sie nach vorn eine Neigung von 40° ; jene der deutlich erhaltenen blauen Bänder an anderen Stellen ist mit dieser so übereinstimmend, dass sie über die Identität beider Formen keinen Zweifel lässt. Der Gletscher besteht hier nur aus den zwei grössten Zuflüssen III und IV unserer Karte, nämlich jenem von der Hohen Docke auf der linken, und dem von den Todtenlöchern auf der rechten Seite; die Firmmoräne trennt sie auch hier. Die Bänder haben im allgemeinen eine sehr starke Neigung nach vorn, so dass sie fast überall an einem Längendurchschnitte Winkel von 40° oder selbst 38° mit der horizontal gedachten Basis bilden. Ihr Streichen an der Oberfläche ist hier ebenfalls sehr einfach geworden, sie laufen im Mittel beinahe genau quer über den Gletscher, nur an den beiden Seiten der Firmmoräne, und noch mehr an den beiden Ufern sind sie etwas zurück gebogen, so dass ihre convexe Krümmung nach abwärts zeigt.

In der Nähe des rechten Ufers werden die Spalten sehr zahlreich und bieten ungeheure Durchschnitte dar, deren Wände mit den blauen Bändern unter den erwähnten Winkeln gezeichnet sind; dabei bieten sie noch einige Linien, welche Berücksichtigung verdienen. Eine Gruppe derselben war fast horizontal und glich so den Schichten der Firnablagerungen ungemein; eine zweite Gruppe war ebenfalls wenig geneigt, aber dabei sehr gefaltet. Die Richtung der blauen Bänder durchsetzte beide. Da wir sie bei verschiedenen Besuchen oft etwas verändert fanden, dürften sie vielleicht mit der Tiefe der Infiltration zusammenhängen. Die geraden scheinen die normale Form zu sein, die Höhe anzeigend, bis zu welcher in verschiedenen Perioden der Gletscher infiltrirt war; die Contour bildet sich durch eine kleine Veränderung der Körner (wahr-

scheinlich grössere Abrundung) und ist durch öftere Wiederholung bleibend gemacht. Die Ungleichmässigkeiten des zweiten Falles mögen ihre Ursaché in einer etwas ungleichen Tiefe der Körnerbildung und dadurch bedingten Verschiedenheit der Infiltration haben; sie verdienen gerade an dieser Stelle besondere Berücksichtigung, weil das steile Herabsteigen des Gletschers über den Absturz eine Zerstörung der früheren Structur und ein schichtenweises Ueberlagern hätte vermuthen lassen; aber das Streichen der blauen Bänder, ihre Einbiegungen gegen die Firnmoräne und das Fortbestehen der letzteren spricht entschieden dagegen. An den Wänden vieler Spalten befinden sich cylindrische Oeffnungen, die wir bereits früher als Mündungen grösserer Luftcanäle kennen lernten.

Als letzte Beobachtung auf dieser Linie möchten wir noch erwähnen, dass die grösseren Bänder mit den kleineren in ihrer Nähe fast parallel sind, aber doch nicht in aller Strenge des Wortes. Es ist nicht selten, dass die grösseren Bänder an Spaltenwänden sich bis in die tiefsten Stellen hinab verfolgen lassen, während die kleineren früher aufhören und in ihrem Hinabsteigen den grossen immer mehr sich nähern; so scheinen sie fächerförmige Verästelungen derselben zu sein.

Wir können als Typus über die Vertheilung und die Lage der blauen Bänder Folgendes zusammenfassen:

1. Sie werden gegen das Ende des Gletschers häufiger und grösser als in der Nähe der Firnlinie.

2. In verticaler Richtung nehmen sie etwas ab, da sie in der Tiefe oft sich keilförmig zuspitzen und ganz in der Nähe der Oberfläche durch seitliche kleine Bänder sich fächerförmig ausbreiten.

3. An einem Längendurchschnitte stehen sie in der Nähe der Firnlinie vertical, und bilden von da abwärts immer spitzere Winkel mit der horizontal gedachten Unterlage des Gletschers.

4. An Querdurchschnitten eines einfachen Gletschers oder eines einzigen Zuflusses, nähern sie sich gegen die Mitte immer mehr der Verticalen.

5. Mit den Ufern und den Begrenzungen zweier Zuflüsse bilden sie stets spitze Winkel, indem sie nach aufwärts zurückgebogen sind, in der Mitte aber streichen sie parallel der Querachse. Das letztere wird auf einen immer kleineren Raum beschränkt, je mehr man sich dem Ende des Gletschers nähert.

Die Ogiven.

Bei der Untersuchung der Ogiven an einzelnen Puncten des Gletschers ist es schwer, über die Richtung derselben auf der Oberfläche zu entscheiden, da die Masse der Einzelheiten das Zusammenfassen derselben sehr erschwert. Ganz anders gestalten sich diese Verhältnisse beim Ueberblick eines Gletschers im Ganzen. Als wir die Pasterze von der Höhe des Grossglockners übersahen¹⁾, waren die einzelnen Linien, zu einem überraschenden

1) Wir machten dieselben Erfahrungen etwas später vom Kleinen Burgstalle herab.

Ganzen vereint; eine Reihe mannigfaltiger Curven bedeckte den Gletscher, bald mehr bald weniger gekrümmt von einem Ufer zum anderen laufend. Dass die Linien, die wir vor uns hatten, nicht der geringen Differenz der Farbe zwischen weissem und blauem Eise zuzuschreiben waren, lässt sich leicht einsehen, wenn man sich die Entfernung vergegenwärtigt, die uns von dem Gegenstande trennte, denn schon die Höhendifferenz betrug 5000 Fuss; dass sie aber mit der Richtung derselben zusammenfielen, liess sich aus dem früher beobachteten Streichen der Bänder mit Sicherheit erkennen. Wir wollen nun diese Linien, die Ogiven, in ihren Eigenschaften, in ihren Formen verfolgen, ohne schon jetzt auf die Gegenstände Rücksicht zu nehmen, welche unter dieser Form erscheinen.

Die Ogiven der Pasterze waren sehr deutlich an die einzelnen Zuflüsse gebunden. Am regelmässigsten waren sie an den beiden grossen Zuflüssen III und IV. Unter dem Fernrohre zeigten sie sich bei mässiger Vergrösserung als Bündel von parallel laufenden Linien, in grösserer und geringerer Anzahl zu einem Ganzen vereint; allein wenn auch ihre Richtung äusserst deutlich ausgesprochen war, und sich nach einzelnen Intervallen die Bündel weit markirter als in den Zwischenräumen zeigten, so liess sich doch keine so regelmässige Trennung nach Individuen bemerken, dass wir sie mit Sicherheit hätten zählen können. Desto entschiedener konnten sie ihrer Form nach bestimmt werden. Beide Zuflüsse haben darin sehr viel Uebereinstimmendes¹⁾. Die Ogiven sind anfangs kaum merkbar gekrümmte Linien, die nach unten bis zum Abbruche immer spitzigere Bogen beschreiben. Am Zuflusse III werden jene seitlichen Theile, welche dem linken Ufer zunächst liegen, immer geradliniger und nach und nach der Längsachse des Thales fast parallel; diejenigen aber, welche sich in der Nähe der Firnmoräne befinden, behalten mehr die Bogenform; eine Linie, welche die Spitzen aller Ogiven verbindet, wie diess auf unserer Karte durch feine Punkte ausgeführt ist, nähert sich der Firnmoräne immer mehr. Es ist diess zugleich die Linie, welche die erhabensten Punkte auf dem Zuflusse vereint. Auch auf dem Zuflusse IV ist auf der inneren Seite ein Annähern der Ogiven-spitzen gegen die Mitte unverkennbar; und die nach aussen liegenden Theile, jene gegen den Gletscherzufluss V und VI, sind weniger gekrümmt als die übrigen. Entsprechend sind auch die Ogiven des Zuflusses VII. Allein sehr widersprechend scheinen jene von V. Sie laufen nämlich von der Moräne KB^1 zu KB^2 unter einem sehr spitzen Winkel hin, und bilden mehr gerade Diagonalen als Curven der eben beschriebenen Art. Allein, da auch bei regelmässiger Form die beiden Aeste der Ogiven stets verschieden sind, so kann man wohl jede Ogive in zwei Theile zerlegen. Nimmt man an, dass in diesem Falle die Entwicklung der einen Seite so klein wird, dass sie sich der Beobachtung entzieht, so müssen Linien jenen auf dem Zuflusse V sehr ähnlich entstehen. Es wird diese Annahme auch vollkommen bestätigt durch die Formen, denen wir auf dem Zuflusse VI

1) Wir bitten mit dem Folgenden die Karte der Pasterze zu vergleichen.

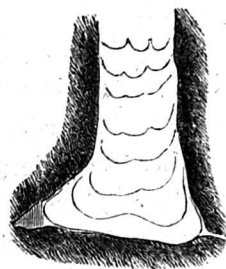
begegnen. Dort sind anfangs beide Aeste normal ausgebildet; allein bald fängt die eine Seite an immer mehr sich zu verkürzen, bis sie völlig verschwindet.

In der Nähe der Moränen sind die Ogiven immer deutlicher als an andern Theilen des Gletschers dadurch, dass eine Masse von Steinen den mittlern Theilen des Gletschers sich nähert. Einzelne Steine werden oft so weit von ihrer ursprünglichen Lage entfernt, dass sie eine neue kleine Moräne bilden, welche mit den gewöhnlichen Mittelmoränen in der Beziehung nicht verwechselt werden darf, dass sie keinem besondern Zuflusse entspricht. So entstand auf der Pasterze die Moräne *KB*³.

Auf der jäh Fläche des Eises über dem Absturze verschwinden die Ogiven; ein neuer Beweis, dass sie mit den blauen Bändern nicht vollständig zu identificiren sind, da wir diese gerade dort wegen der grossen Entblössungen sehr leicht erkennen, wenn wir in der Nähe untersuchen. Am Unteren Boden treten sie wieder in ganzer Deutlichkeit hervor; allein wir wollen sie jetzt nicht bis dahin verfolgen, weil hier ihr Verlauf, nicht ohne Störungen geblieben ist.

Um die allmählichen Formveränderungen der Ogiven von der Firnlinie bis zum Gletscherende darzustellen, wählen wir besser einen einfachen Gletscher; am Klobengletscher z. B. im Gutthal bei Heiligenblut entwickelt sich eine Reihe von Ogiven, in aller Regelmässigkeit. Sie werden bis zum Ende immer spitzer, und jene Linie, welche ihre Scheitel verbindet, theilt sie in zwei fast symmetrische Hälften. Sie sind dabei den Ogiventheilen links von der punctirten Mittellinie am Zuflusse der Hohen Docke am ähnlichsten. Die Entwicklung der Ogiven auf einem zusammengesetzten Gletscher war sehr gut am Vernagt zu überblicken. Sein linker Hauptarm (der rechte hört schon bald nach dem Hintergraslen auf), hat Firnmoränen wie die Pasterze, aber statt einer einzigen mehrere, von denen sich fünf oder sechs fast bis zu Plattel herabziehen. Jeder seiner Zuflüsse hat anfangs, wie man diess von der Zwerchwand sehr deutlich sieht, seine eigenthümlichen Ogiven. Allein durch die allmähliche Verkürzung von seitlichen Aesten an den Curven der mittleren Zuflüsse, vereinigen sich nach und nach alle zu einer gemeinschaftlichen Linie. Könnte der Gletscher von diesem Punkte noch eine grössere Strecke zurücklegen, so würde diese gemeinschaftliche Curve alle jene Formveränderungen durchlaufen, welche wir bei den einfachen Ogiven des Klobengletschers kennen lernten. Aber dem Fortschreiten des Vernagt stemmt sich die Zwerchwand entgegen und zwingt ihn, seinen Lauf nach links und rechts seitlich abzulenken. Die Linien folgen genau der Bewegungsrichtung und biegen sich ebenfalls in der angegebenen Form.

Fig. 35.



Ogiven des Vernagt.

Kehren wir jetzt zum Unteren Boden der Pasterze zurück. Die Ogiven treten von neuem auf, so bald der Gletscher sich wieder ebnet¹). Aber was am Vernagt allmählich

1) Der Unter Boden kann vom Grossglockner aus nicht ganz überschauen werden. Die Beobachtungen auf ihm wurden von der Freiwand gemacht.

eintritt, geschieht hier, begünstigt durch die jähe Neigung des Absturzes, auf einem weit kleineren Raume. Die Ogiven von III und IV sind zu einer einzigen, weit flacheren zusammengetreten, welche nur in der Mitte durch eine leise Biegung gegen die Firnmoräne die ursprüngliche Zusammensetzung bekundet. Ein seitliches Ausbeugen, ähnlich wie am Vernagt, lässt sich auch hier beobachten; so am Pfandelbach und an den beiden Armen links und rechts von der Margaritze.

Die Bedingungen, unter welchen sich diese Linien am vortheilhaftesten erkennen lassen, sind eine nicht zu grelle Beleuchtung und ein mehr in verticaler als in horizontaler Richtung entfernter Standpunct. Untersucht man mit Fernröhren von starker Vergrösserung eine Ogive, welche man zuerst mit Sicherheit als solche erkannt hat, so bemerkt man, dass sie theils durch Moränenfetzen characterisirt ist, vorzüglich aber wird sie durch Senkungen längs der blauen Bänder bemerkbar, welche wir schon früher ⁴⁾ mitgetheilt haben. Grelles Licht ist deswegen ungünstig, weil dabei durch Irradiation die Contouren sehr leicht verschwinden. Wir bedienten uns daher am besten bei ähnlichen Untersuchungen eines schwarzen Glasspiegels, wie ihn KÄMTZ aus gleichen Gründen für die Beobachtungen von Wolken u. s. w. vorgeschlagen hat. Mit seiner Hülfe gelang es uns, auch bei hohem Stande der Sonne die Ogiven zu finden. Hat man sie einmal aus der Ferne erkannt, so hält es nicht schwer, sie auch auf dem Gletscher selbst aufzufinden; besonders sind die Randtheile durch die Moränenfetzen, die Ogivenspitzen durch die erhöhten Stellen des einzelnen Zuflusses wohl markirt. Zugleich sieht man, dass die Ogiven nicht so regelmässig und so scharf nach Individuen getrennt sind, als man vielleicht nach einem Anblicke aus der Vogelperspective erwarten dürfte. So hatten z. B. auf den Ogivenspitzen des Zuflusses von der Hohen Docke die secundären Erhebungen längs der punctirten Mittellinie einmal eine grosse Strecke weit 4 bis 4,5 Meter gegenseitigen Abstand, während sie sich an anderen Stellen derselben Linie in weit grösseren Zwischenräumen folgten, ohne dass sich für den einen oder den anderen Fall ein näherer Grund in den localen Gletscherverhältnissen auffinden liess.

Die Bänder und Ogiven laufen also am Anfange des Gletschers fast quer über die ganze Breite desselben und werden durch die ungleiche Schnelligkeit der mittleren Theile gegenüber jenen des Randes allmählich immer spitzer. Die Ogiven hängen von der Lage der Bänder insofern ab, als diese durch ihre geringere Menge von Luftblasen langsamer schmelzen als das weisse, blasenreiche Eis und dadurch jene Erhöhungen bilden, die von weitem gesehen uns als spitze Bogen erscheinen.

Wenn diese Hügel in Wirklichkeit auch keine zusammenhängenden Linien bilden, so vereint sie das Auge doch aus der Ferne leicht zu solchen; und wenn die Erhöhungen in unmittelbarer Nähe nicht immer als entschieden blaues Eis sich erkennen lassen, so liegt der Grund dafür wohl in ihrer Erhebung selbst, indem sie dann, wie früher gezeigt wurde, nicht ganz von dem Niveau des Infiltrationswassers erreicht werden können.

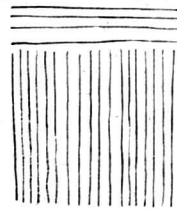
4) Seite 78.

Verbreitung der Bänder im Innern.

Wollen wir die Entstehung der blauen Bänder beurtheilen, so müssen wir ihr erstes Auftreten in der Nähe der Firnlinie und die Richtung derselben in die Tiefe untersuchen. Allein darüber ist gerade bei den meisten Gletschern sehr schwer zu entscheiden, da die Klüfte in der Nähe der Firnlinie häufig fehlen. Desto erwünschter musste es uns sein, am Leitergletscher durch günstige Verhältnisse der Unterlage eine Reihe von grossen Quer- und Längen-Spalten, also eine grosse Zahl von natürlichen Durchschnitten zu finden, die, am Ende der Firnregion beginnend, gerade den interessanten Raum bis zum festen Gletscher durchliefen.

Im allgemeinen war die Lagerung in solchen Klüften folgende: Erst kamen horizontale Firnschichten von 2 Meter Mächtigkeit; das Schmelzwasser, von oben einsinkend, war zuweilen an den Schichtenbegrenzungen aufgehalten und bildete schmale horizontale Lagen von Eis, die aber noch nicht zum Gletscher gehörten, da sie selten die Dicke von einigen Centimetern übertrafen, und stets wieder von Schneelagen unterbrochen wurden. Im Firnmeere selbst konnten wir sie bis 20 Meter hinab verfolgen; die Klüfte waren nämlich bisweilen 45 Meter und darüber weit, und erlaubten die blossgelegten Theile tiefer, als wir es je an einem anderen Gletscher gesehen, zu verfolgen. Nach unten wurden die Schichten immer dünner (durch den Druck der darüber lastenden Massen), die Zwischenlagen von Eis mächtiger, und die Trennung nach einzelnen Schichten immer unkenntlicher. Etwas weiter unten, wo der Gletscher nur von einer dünnen Firnlage bedeckt war, waren die Durchschnitte an den Spaltenwänden noch interessanter; es zeigten sich auch hier die horizontalen Firnschichten, aber die Stratification schien mit dem Firn aufzuhören, wenn wir Querspalten vor uns hatten. An Längenspalten dagegen waren unter den horizontalen Linien der Firnschichten andere, verticale Contouren der blauen Bänder unverkennbar. Es war demnach gar kein Zweifel, dass der Firn hier in horizontale, der Gletscher in verticale Lamellen getheilt war, und dass die letzteren quer durch den Gletscher liefen.

Fig. 36.

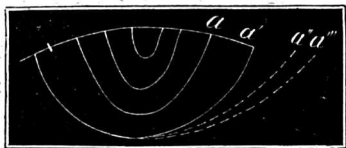


Ueberlagerung von Firn und Gletschereis.

Hier liess sich auch sehr deutlich sehen, dass die Grenze von Firn und Gletscher, die Firnlinie, nicht mit Schärfe eine gerade Linie war, indem die eine Spalte nur Firnschichten, die andere schon das feste Eis in der Tiefe zeigte. Manchmal waren auch Stellen des Firnes inselartig in Eis umgewandelt, wenn zu ihnen durch locale Senkung der Zufluss von Schmelzwasser besonders begünstigt war; dagegen erstreckten sich eben so isolirt die Massen des Firnes in das Eis hinab, wo sie jedoch schnell ihren Character verloren. Nur die bereits erwähnten Firnmoränen zogen sich weiter fort. Ein einziges Mal fanden wir an einer Spaltenwand Linien, welche den bis jetzt angeführten Beobachtungen zu widersprechen schienen. Entschiedene Firnschichten waren dort nach unten gebogen, und glichen dadurch ganz den blauen Bändern in anderen Gletschertheilen;

allein dieses Phänomen war durchaus vereinzelt und Spalten in der unmittelbarsten Nähe zeigten die Schichten wieder horizontal; wir glauben sie in diesem Falle dem Einsturze einer tiefer gelegenen Firnhöhle zuschreiben zu können. Spätere Untersuchungen in den zerklüfteten, fast unzugänglichen Theilen des Pasterzenfirnmeeres (oberhalb der beiden Burgställe) zeigte uns solche Verwerfungen von Firnschichten noch viel entwickelter; die Zerstückelung und Unterminirung der Massen an jener Stelle liessen auch den wahren Grund derselben in Einstürzen, Senkungen u. s. w. leicht erkennen. Die Ogiven durchliefen hier quer den Gletscher, die blauen Bänder ebenfalls. Weiter unten wurden jene stärker gebogen mit ihnen die Bänder; Durchschnitte zeigten, dass die Lamellen nicht mehr vertical standen, sondern immer mehr nach vorn sich neigten, ganz wie an den übrigen Gletschern. Wir können uns demnach den Gletscher aus einer Reihe von Lagen zusammengesetzt denken, welche anfangs verticale Platten sind, die mit den Schichten des Firnes keinen Zusammenhang haben¹⁾. Wäre die Bewegung der ganzen Gletschermasse für alle Punkte eine gleichförmige, so würden die einzelnen Lagen ihre gegenseitige Stellung beibehalten; allein die Mitte bewegt sich schneller als der Rand, die oberen Theile des Gletschers schneller als die unteren, daher kömmt es, dass diese Lamellen allmählich aus ihrer senkrechten Stellung verrückt werden, und eine löffelförmige

Fig. 37.



Lage der Bänder an einem Querschnitte.

Gestalt annehmen. Ein Durchschnitt nach der Längsachse lässt sie demnach unter immer kleineren Winkeln gegen den Horizont sich folgen²⁾. Querschnitte zeigen sie schalenförmig über einander gelagert; allein auch hier sind kleine Verschiedenheiten bemerkbar, abhängig von dem Punkte, an welchem wir den Durchschnitt uns ausgeführt denken. In der Nähe der Firnlinie sind, die Conturen, *a* und *a'* steiler, und neigen sich an Stellen, die dem Gletscherende näher sind, mehr wie *a''* und *a'''*. Jedoch ist diess nur so lange der Fall, als der Gletscher ein regelmässiges Thal einnimmt; wenn er Hindernissen durch Verengung der Ufer oder durch Näherung eines seitlichen Zuflusses begegnet, können diese Linien sehr steil wieder aufgerichtet werden.

Die blauen Bänder sind theils grössere, breitere, die sich in den angegebenen Richtungen durch den ganzen Gletscher erstrecken, theils kleinere, nur oberflächliche, die sich stets in der Nähe der grösseren befinden, und mit allen Veränderungen der Ogiven zusammenfallen. Wir haben demnach nur die Entstehung der Grundform, der verticalen quer durch den Gletscher laufenden Lamellen zu erklären, da die übrigen Formen durch die ungleiche Bewegung mechanisch sich aus diesen entwickeln lassen.

1) Wenn wir hier vor allem bei dem Leitergletscher verweilen, so geschieht diess nur, weil an ihm diese Formen im Ganzen so ausnehmend deutlich waren. Viele, aber mehr vereinzelte Beobachtungen auf anderen Gletschern bestätigten die hier gefundenen Gesetze, ohne sie ebenso deutlich zu zeigen.

2) Vergl. Fig. 34. b. S. 79.

Denken wir uns den Gletscher als ungeschichtet und als einen verhältnissmässig homogenen Körper.

Die ganze Masse vom Ende des Firnmeeres bis zum Gletscherthore, liegt tiefer als jener Theil, der sich unmittelbar in der Nähe der Firnlinie befindet, übt also einen Zug in der Richtung nach abwärts aus; und diess dürfte wohl als die erste Ursache einer lamellenförmigen Trennung betrachtet werden. Mit ihr ist der leichtere Austritt der Luftblasen¹⁾, die grössere Infiltrationsfähigkeit gewisser Theile gegeben, und so die Entstehung der blauen Bänder vermittelt. Neben den grossen, primären Bändern entstehen viele kleinere in derselben Richtung, aber von weniger Mächtigkeit.

Wir betrachteten bis jetzt die Bänder nur in der Nähe der Firnlinie, da wo der Zug der Schwere zuerst sich geltend macht. Allein auch an tieferen Punkten muss dieselbe Ursache, wenn auch schwächer, noch fortwirken.

Dessenungeachtet entstehen keine neuen Bänder mehr quer über den Gletscher laufend. Es scheint nicht, dass dieser Umstand die Erklärung der Bänder an der Firnlinie wesentlich beeinträchtigen kann; denn die nach abwärts ziehende Masse wird immer kleiner, je mehr wir uns dem Ende des Gletschers nähern, daher auch ihr Einfluss immer geringer; sehr wesentlich ist ferner, dass an den mehr nach abwärts gelegenen Punkten nicht mehr ganzes, sondern bereits von Spalten und Bändern durchzogenes Eis sich befindet; es wird daher weit leichter sein, dass sich die einmal gebildeten etwas erweitern, als dass neue entstehen.

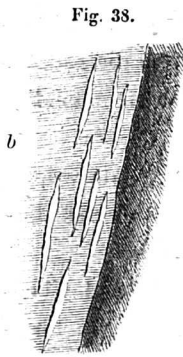
Die bekannten schönen Versuche von FORBES²⁾ mit gefärbten halbflüssigen Massen haben die Formveränderungen der blauen Bänder so deutlich wiedergegeben, dass ihre analoge Formveränderung am Gletscher sicher angenommen werden darf. Eine andere Aufgabe ist es, zu zeigen, dass die Spalten und blauen Bänder unmittelbar durch den theilweisen Widerstand des Eises gegen den Zug der Schwere hervorgebracht werden. Diess durch Experimente direct nachzuweisen, dürfte kaum gelingen, da Versuche mit kleinen Eismassen, wie sie uns im Laboratorium zu Gebote stehen, nicht die Resultate der Eismassen im Grossen geben können. Gemenge von verschieden gefärbten Lagen von Gyps, Kleister, Honig u. s. w. können zwar die Formen sehr deutlich nachahmen, allein wirkliche Spalten an den entsprechenden Stellen konnten nicht entstehen, da solche Massen stets eine grössere Weichheit behalten. Der Mangel der Spalten dürfte aber die Vergleichung der erhaltenen Formen mit jenen des Gletschereises nicht beeinträchtigen.

Bei unseren Untersuchungen über das Zerfallen des langsam schmelzenden Wassereises beobachteten wir eines Tages eine Erscheinung, die uns zu lebhaft an die blauen Bänder erinnerte, als dass wir nicht mit eifrigster Sorgfalt derselben nachgeforscht hätten. Am Canale zu Nymphenburg bemerkten wir am 14. Febr. 1847 und mehrere

1) Solche Spalten werden wegen der geringeren Festigkeit in der Nähe zahlreicher Luftblasen gerade diese am meisten verbinden.

2) TRAVELS 1843 S. 379.

Male im Winter 1848, dass sich seiner ganzen Länge nach weisse Streifen hinabzogen, welche, obgleich unzusammenhängend unter sich, doch so streng parallel waren, dass an einer gemeinschaftlichen Ursache für alle gar nicht zu zweifeln war. Einzelne Parthien waren $\frac{1}{2}$ bis 4 Meter lang, andere kaum 10 bis 20 Centimeter, die Breite war bei allen nahezu dieselbe, zwischen 3 und 5 Centimeter. Sie hatten die Form von Strichen, die



Weisse Bänder am
Wassereise.
a Ufer. b Eis.

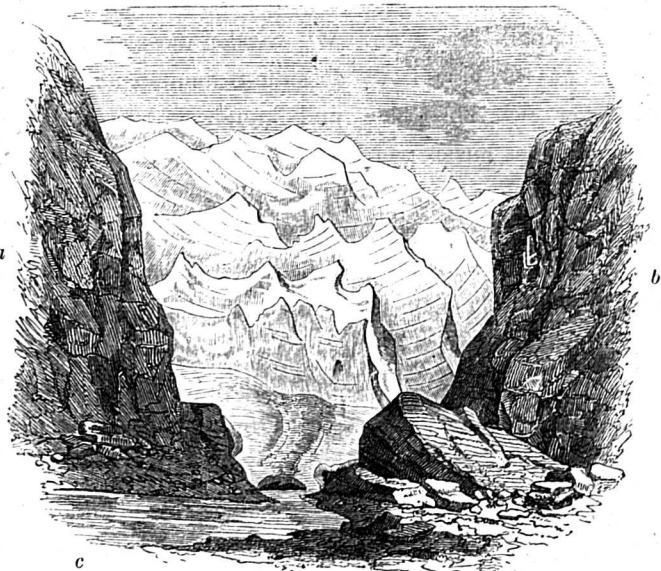
man mit dem Pinsel zieht, und dabei in der Mitte am stärksten aufdrückt. Wir verglichen sie anfangs mit dem weissen Eise des Gletschers; das umgebende Eis hatte eine dunklere, mehr blaue Farbe. Hatte uns diese Erscheinung an sich überrascht, so waren wir es noch mehr als wir uns auf die Eisdecke selbst begaben. Sie schwankte unter jedem Tritte, und zugleich veränderten die weissen Streifen ihre Farbe; das Weiss verwandelte sich augenblicklich in ein dunkles Blau, das von der Umgebung sich nicht mehr unterscheiden liess, bei jeder Erhebung traten die weissen Massen unglaublich schnell wieder auf. Wir beeilten uns, nahe am Ufer einige Stücke loszutrennen, welche sowohl blaues als weisses Eis enthielten. Es gelang uns leicht, und wir konnten, wie wir erwarteten, auch an dem Handstücke das Characteristische beider unterscheiden. Das weisse Eis trennte sich sehr deutlich von dem blauen. Es war von dicht gedrängten Reihen kleiner Canäle durchsetzt; die auf der Oberfläche der Eisdecke in ihrer natürlichen Lage senkrecht standen. Einzelne solcher Canäle kommen, wie wir schon bei den Formen des langsam schmelzenden Wassereises angaben, immer vor; sie fanden sich auch hier in dem umgebenden blauen Eise; aber ihre Häufigkeit und die Regelmässigkeit der Vertheilung in diesen weissen Stellen war bei weitem grösser. Dieses Zusammendrängen von Canälen an einer Stelle bedingte die Farbe des Eises; weiss erschien die von ihnen durchzogene Masse, wenn sie wasserleer und dafür mit Luft erfüllt waren, wegen der grossen Menge total reflectirten Lichtes; so bald wir ein Stück in Wasser tauchten, trat die Luft aus und die weisse Farbe verschwand.

Um ihre Entstehung zu beurtheilen, müssen wir vor Allem erwähnen, dass die ganze Eisdecke eine sehr merkliche Senkung von den Ufern gegen die Mitte hin zeigte. Das Wasser, das während des Winters keinen Zufluss erhielt, war durch Versinken in den lockeren Geröllboden um mehr als $\frac{1}{2}$ Fuss Höhe vermindert worden. Die Decke dieses Eises wurde also immer weniger von dem unterliegenden Wasser unterstützt; es entstand eine Spannung von der Mitellinie gegen beide Ufer, die in der That später mit einem grossen Risse längs der beiden Ufer endete. Allein schon lange vorher hatte diese Spannung in der Masse des Eises kleine Continuitätstrennungen bewirkt; diese wurden die Veranlassung, dass gerade an diesen Stellen eine Menge von Luftcanälen sich anhäufte; sie gruppirt sich zu den beschriebenen weissen Streifen, welche, den Ufern parallel laufend, senkrecht auf der Richtung der Spannung standen. Wenn bei dem Betreten des Eises das Wasser unter demselben durch die Schwankung in Bewegung gerieth und kleine Wellen bildete, so drangen diese in die Canäle ein, drängten die Luft heraus und mach-

ten die Farbe bald verschwinden, bald erscheinen¹⁾. Ihre Richtung rechtwinklig auf jene des Zuges und ihr Reichthum an Canälen geben ihnen viele Analogie mit den blauen Bändern des Gletschers. Dass gerade sie nicht blau, sondern weiss erscheinen, darf uns nicht beirren. Das Gletschereis ist ungemein reich an Luftblasen; bei dieser Spalten- und Bänderbildung treten sie aus, und Wasser dringt ein, was eben dem Eise seine Durchsichtigkeit und blaue Farbe giebt. Im Eise von Nymphenburg waren die Bänder auch von Canälen gebildet; da aber das Niveau des Wassers unter denselben sich befand, so waren sie im gewöhnlichen Zustande nicht mit diesem, sondern mit Luft gefüllt, und daher weiss. So einfach die hier wirkende Ursache war, so bildeten die weissen Streifen doch nicht, wie man vielleicht hätte erwarten können, ununterbrochene, dem Ufer parallele Linien; es scheint, dieser Umstand kann die Annahme unterstützen, dass die Bildung auch der gruppenweise auftretenden Gletscherbänder von einer einzigen gemeinschaftlichen Ursache, der Continuitätstrennung durch Spannung abzuleiten ist; obgleich das individuelle Auftreten einzelner Bänder von der grösseren Menge von Luftblasen, von der aufgehobenen Spannung durch bereits eingetretene Spaltung einer benachbarten Stelle u. s. w. und anderen unwesentlichen Nebenumständen mit bedingt wird.

Es ist nun am Gletscher noch zu untersuchen, bis zu welcher Tiefe sich die Bänder erstrecken. Die Spalten und Mühlen erlauben im günstigsten Falle ein Hinabblicken zu 20 Metern, allein die Ausgänge mancher Gletscher und die Thore machen ausgedehntere Studien dieser Verhältnisse möglich. Der Unterschied zwischen dem höchsten Punkte am Uebergange des Vernagt, und der tiefsten Stelle des Seebodens am südlichen Thore desselben betrug nach dem Ausbruche von 1847 167 Meter, wovon mehr als die Hälfte der senkrechten Wand am See angehört. Wir können hier die Bänder von oben bis unten verfolgen, und finden die Wand

Fig. 39.



Bänder am nördlichen Ende des Vernagtletschers.

a Theil der Zwerchwand. b In der Falle. c Die Fetz, Ausfluss des Gletschers; an seinem Austritte von den Resten einer Lawine überlagert.

1) Das Phänomen in Nymphenburg war so deutlich, dass es unmöglich unbemerkt bleiben konnte; wir glauben sicher, dass auch an anderen Canälen, wo möglich ohne Ab- und Zufluss, dasselbe eintreten muss. Eine Bedeckung des Eises mit einer Wasserschicht durch Regen und geschmolzenen Schnee bedingt aber durch seinen Druck jedesmal ein völliges Bersten der Eisdecke.

aufs überraschendste so regelmässig mit Curven bedeckt, dass wir es in einer rein schematischen Zeichnung kaum schöner zu geben vermöchten ¹⁾. Ganz ähnlich zeigt sie auch der Ausgang des Hintereises ²⁾ und jener des Vernagt auf der Nordseite ³⁾.

Auch in den Höhlen sind die Bänder sehr bemerkbar; ganz ausgezeichnet war in dieser Beziehung die Höhle des Marcellgletschers. Wir sahen dort eine Masse von verworren ausgehenden dünneren Bändern, welche den kleinen Streifen der Oberfläche entsprechen; andere aber etwas mächtigere erstreckten sich in voller Regelmässigkeit bis auf den Boden herab.

Hier trafen wir auch ein sehr schönes Band ganz von Schlamm durchtränkt, welches wir Anfangs für ein Schmutzband (*bande sale, dirtband*) hielten. Wir haben bisher diese Erscheinung noch nicht erwähnt; und müssen uns jetzt etwas ausführlicher mit ihr vorzüglich deswegen befassen, weil sie für manche Beobachter grössere Bedeutung haben. Man sieht am Gletscher, auch an der Oberfläche, öfters Bänder, die sich durch eine schmutzige Färbung auszeichnen und den blauen Bändern parallel laufen. Einige Beobachter hielten sie für oberflächliche Ansammlungen von Staub und Sand in den blauen Bändern, andere glauben, dass diess Einlagerungen von Sand seien, die vom Firn stammend durch den ganzen Gletscher sich ziehen. Wir möchten noch beifügen, dass man zweierlei Schmutzbänder zu unterscheiden hat, oberflächliche im allgemeinen, und für besondere Fälle auch ganz massive, die aber mehr dem tieferen inneren Theile des Gletschers angehören. Wir werden diese als Schmutzlager sogleich beschreiben.

AGASSIZ nimmt an, dass die Schmutzbänder zusammenhängend durch den ganzen Gletscher sich hinziehen, und knüpft an sie die Erklärung der Stratification. »Die Schichten des Firnes werden nach seiner Ansicht bei der Umwandlung desselben in Gletschereis keineswegs vernichtet, sondern gerade diese sind es, deren zu Tage Austreten (*Affleurement*) die Ogiven bildet. Sie sind durch eine Lage von Schmutz und Sand getrennt, und bilden so die Schmutzbänder; die blauen Bänder aber sind ein mehr oberflächliches Phänomen; sie stehen meistens vertical, und zugleich grossentheils parallel mit den Schichtungsflächen (*Plan de stratification*) ⁴⁾.

Wir bedauern, in diesem Falle mit AGASSIZ nicht übereinstimmen zu können; denn wir konnten an den zahlreichen Durchschnitten, welche uns besonders die Spalten des Leitergletschers an der Firnlinie boten, nie einen Uebergang der Firnschichten in die Stratification des Gletschers erkennen; die Trennung der einzelnen Firnschichten war im Eise nie wieder zu finden, da sie ohnehin mehr in der Färbung des Schnees, in der Bildung von kleinen Eislagen, als in der Anhäufung von Sandmassen besteht. Die Schmelzlinien, welchen wir auf der Oberfläche des Gletschers begegnen, haben mit jenen Trennungen der Firnschichten nichts mehr gemein.

1) Siehe Fig. 55.

2) Taf. IV.

3) Unter den übrigen Zeichnungen sind sie zu sehen an Fig. 22 und 23.

4) AGASSIZ *Glaciers actuels* S. 280. und S. 304.

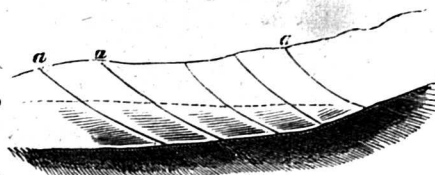
Man kann hier mehrere Verhältnisse unterscheiden, die, in ihrem Wesen verschieden, doch einige Aehnlichkeit unter sich erlangen. Wir wollen hier zuerst die schmälern Moränenfetzen nennen, welche oft seitlich auf grosse Entfernungen losgerissen werden, und dabei vorzüglich in den kleinen Spalten zwischen dem weissen und blauem Eise ihre Sandmassen ablagern. Auch die Gletscherbäche und Winde führen oft kleine organische oder unorganische Körperchen auf die Oberfläche des Gletschers, die sich ebenfalls am häufigsten zwischen dem weissen und blauen Eise ansammeln. Bei der Porosität dieser Stellen ist es leicht, dass kleine Theilchen, ähnlich den suspendirten Körperchen der Infiltrationsflüssigkeiten etwas in die Tiefe gelangen und dadurch die Täuschung veranlassen, als ob der Sand wirklich überall mit dem Bande vereint sei. Allein an den grossen Spaltenwänden hätten wir unter den Tausenden von Bändern, welche sie uns entblössten, gewiss das eine oder andere Mal einer solchen Sandlinie in der Tiefe begegnen müssen, während wir sie fast nie unter 4 Meter hinab bemerken konnten.

Hiermit verwandt ist die Erscheinung von ähnlichen Schneelinien am Gletscher. Statt des Sandes kann hier und da auch Schnee in den Vertiefungen gefunden werden, wenn nach plötzlichen Schneefällen ein heftiger Wind den Gletscher wieder theilweise reinigt. FORBES hat diess zuerst am Glacier des Bois gesehen. Wir hatten im schneereichen Herbst 1847 häufig Gelegenheit dasselbe zu bemerken. Besonders deutlich war es am Hintereise am 5. September.

Sehr verschieden davon sind die Schmutzlager, die grösseren Anhäufungen von Sand und Schlamm in der Tiefe. Sie werden vorzüglich sichtbar an Abbrüchen secundärer Gletscher und an den Gletscherthoren. An den ersteren sieht man sehr häufig, dass die tiefsten Lagen bis zu einem Meter Höhe dunkel gefärbt sind, und dass von hier aus breitere und schmalere Fortsätze den blauen Bändern folgend, sich in die Höhe ziehen. Sie sind besonders entwickelt an den secundären Gletschern des Glocknerkammes; die grosse Masse des zerreiblichen Chloritschiefers und die zahlreichen Abbrüche der Gletscher vereinigen sich, sie uns zu zeigen. Ihre Entstehung hängt mit dem Wasser zusammen, welches an so vielen Puncten unter dem Gletscher sich findet. Es dringt diess in den blauen Bändern und an ihren Begrenzungen empor, und lässt dort seine Suspensionen zurück (Fig. 40.). Da die Bänder in den meisten Theilen des Gletschers nach vorne geneigt sind, so wird dadurch das Eintreten des Wassers, welches in entgegengesetzter Richtung einen starken Fall hat, nach statischen Gesetzen sehr erleichtert.

Wegen der Neigung der Thalsole kann eine solche Infiltration eine nicht unbedeutende Höhe erlangen, ohne dass wir dazu etwas anderes voraussetzen, als dass das Wasser in dem Bande sich mit der nachdrückenden Masse ins Gleichgewicht setze. Bei der

Fig. 40.



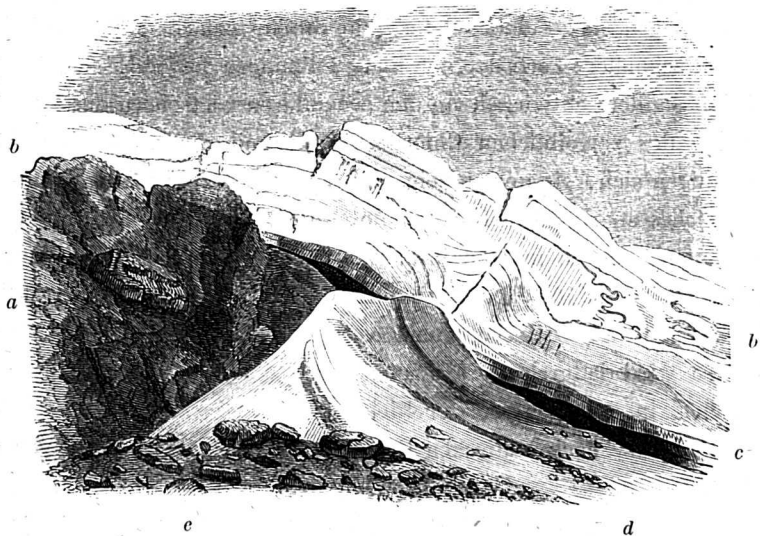
Entstehung der Schmutzlager.

aaa. Blaue Bänder. b. Niveau der Infiltration.

grossen Dicke der Gletscher ist es dagegen nicht zu überraschend, wenn solche Formen dennoch auf die Tiefe beschränkt bleiben, und nur selten dem Auge des Beobachters zugänglich werden. In der Höhle des Marcellgletschers begegneten wir einigen dieser Lagen am Ende des Gletschers. Sie befanden sich in grossen, sehr porösen blauen Bändern und hatten eine Breite von 0,8 Meter. Neben den grösseren zogen sich mehrere parallele kleinere Streifen hin, und es war sehr deutlich, dass sie gegen den Boden, wo das Wasser eingedrungen war, an Breite und Intensität der Färbung zunahmen. Da der Gletscher an diesem seinem Ende nicht mehr sehr mächtig war, so reichte sie hier bis an die Oberfläche herauf, wo wir sie als schmalen Streifen noch stellenweise verfolgen konnten. Diess ist jedoch nur eine Ausnahme; in den oberen, dickeren Theilen des Gletschers fanden wir nie derartige Lagen, die bei genauer Untersuchung regelmässige Fortsetzungen in die Tiefe gezeigt hätten. Diese können eben so wenig wie die unbedeutenden und zufälligen Einlagerungen von Sand auf der Oberfläche zu einer Trennung des Eises in Schichten, etwa ähnlich den Firnschichten, beitragen.

Mit den Einlagerungen von Schmutz findet sich sehr häufig noch eine andere Modification der blauen Bänder verknüpft, welche ebenfalls wie die erstere, an locale Ursachen gebunden ist. Es sind diess die Faltungen der blauen Bänder (*Couches contournées, twisted veins*). Wir erwähnten schon früher, dass die blauen Bänder des Eises öfters in eine Reihe von äusserst complicirten Windungen und Faltungen gelegt seien ganz analog den Verkrümmungen der Gneuss- und Glimmerschieferschichten, welche James HALL durch seine bekannten Versuche erläutert hat.

Fig. 41.



Abbruch eines secundären Gletschers am Grossen Burgstalle.

- a. Felsen des Grossen Burgstalles. b. Theil des Zuflusses II der Pasterze, mit den gebogenen Bändern. c. Schmutzbänder an der Berührung des Eises mit dem Gesteine. d. Eisrinne, durch das Abbrechen der Gletschermassen entstanden. e. Geröllanhäufung.

Die gebogenen blauen Bänder finden sich besonders am Rande des Gletschers und überhaupt an solchen Stellen, wo der Einfluss der Reibung gegen die Unterlage wegen der geringen Entfernung noch bemerkbar wird. Der Abbruch eines Seitengletschers der Pasterze bot eine sehr deutliche Ansicht derselben. Es waren durch die Unebenheiten der Unterlage alle Faltungen von den einfachsten Biegungen bis zu vielfach geschlungenen Linien hervorgebracht. Ein grosses Stück, welches herabgestürzt war, zeigte die Erscheinung ganz in der Nähe, und zeichnete sich noch dadurch aus, dass die Zwischenräume der gebogenen Bänder so sehr mit Chloritschieferschlämm erfüllt waren, dass es aus der Ferne vollkommen einem Steinblocke ähnlich sah.

Am linken Ufer des Vernagt, in der Nähe der Uebergangsstelle befand sich ein ähnlicher Block, der durch seine Grösse besonders ausgezeichnet war.

Wir geben das Bild desselben vom Jahre 1847, als seine Höhe noch 15^a Meter betrug. Auch 1848 fanden wir ihn wieder, allein er hatte durch Schmelzen ungemein an Masse verloren. Seine^d Faltungen übertrafen an Nettigkeit der Contouren^e und an Verworrenheit der Richtungen Alles, was wir bisher gesehen hatten; auffallend ist, dass sie an der Oberfläche der Gletscher, auf welche die Reibung von der Unter-

Fig. 42.



Gebogene Bänder am Rande des Vernagt.

a. Zwerchwand. b. Rofnerberg. c, d. der Gletscher in der Richtung nach d sich bewegend. e. Theile der linken Seitenmoräne an der Uebergangsstelle. f. Eisblock mit den gebogenen Schichten.

lage her keinen Einfluss mehr haben kann, ebenfalls erscheinen. Sie entstehen in solchen Fällen durch den seitlichen Druck der Eismassen und sind, wie die anderen Faltungen, einer der wichtigsten Beweise für die Verschiebbarkeit der einzelnen Theile des Eises.

Entstehung und Verbreitung der Spalten.

Wenn sich der Bewegung des Gletschers Hindernisse entgegenstellen, so entstehen Spalten, welche mit der ersten Anlage der blauen Bänder, mit dem Zuge der Masse nach abwärts zusammenhängen; allein ihre Entstehung unterscheidet sich von jener der Bänder dadurch, dass in diesem Falle gewöhnlich grössere Unebenheiten des Bodens die nächste Veranlassung sind. Das letztere macht, dass die Richtung und die Anlage der Spalten verschiedene Gruppen unterscheiden lässt. Die meiste Analogie mit den ersten

Formen der Bänder zeigen die Querspaltten, welche, ebenfalls rechtwinklig auf der Linie der Bewegung, in der Mitte der grösseren Zuflüsse oft eine bedeutende Länge haben. In den oberen Theilen des Gletschers, wo auch die Richtung der Bänder eine fast quer laufende ist, ziehen sie parallel mit diesen; allein nur zufällig, denn auch in der Nähe des Gletscherendes, an Stellen wo die Bänder schon lange diese Richtung verloren haben, behalten doch die Spaltten dieselbe bei.

Diess kann jedoch kein Hinderniss sein, beide zu vergleichen. Die Bänder, schon früher entstanden, haben allmählich Veränderungen der Lage erlitten, die Spaltten aber, an dieser Stelle neu entstehend, stellen sich gerade so, wie die Bänder bei dem ersten Auftreten, nämlich rechtwinklig auf die Richtung der Bewegung. Man könnte demnach erwarten, dass an solchen Stellen, wenn auch die Richtung der vorhandenen Bänder nicht geändert würde, wenigstens viele neue parallel den Querspaltten entstehen müssten. Es wäre diess allerdings gefordert, wenn zur Spalttenbildung kein neues Moment, das locale Hinderniss sich gesellte; seine Wirkung ist keine so gleichmässige, dass sie sich nur als leichtes Trennen der Continuität bemerkbar machte, sondern die Spannung wird, so örtlich entstehend, auch durch eine plötzliche Spaltung überwunden, die jetzt ihre nächsten Umgebungen vor neuer Zerklüftung sichert.

An besonders schönen Tagen, wenn die Bewegung schnell an Grösse zunimmt, tritt die Bildung der Querspaltten besonders häufig ein¹⁾. Ihre Breite ist sehr wechselnd, die Länge meistens bedeutend; selten erstrecken sie sich auf mehr als einen Zufluss zugleich. Wenn sie sich nach und nach erweitern, so schmelzen ihre Bänder ungleich ab, je nachdem die eine oder die andere Seite mehr der directen Besonnung ausgesetzt ist; so geschieht es, dass nicht selten ihre oberen Parthien sehr grosse Winkel gegen einander machen, während in der Tiefe die Wände fast parallel zu werden scheinen²⁾.

Auch die Randspaltten stehen rechtwinklig auf der Spannung der Massen, deren Richtung aber in den seitlichen Theilen des Gletschers eine andere geworden ist. Da seine Mitte schneller sich bewegt als die Ränder, so muss von den Seiten nach diesem Punkte ein Zug stattfinden, gleichsam um die beständig dort entstehende Lücke auszufüllen; daher stehen die Spaltten der Ränder überall von dem Ufer ab, mit der Spitze etwas gegen den Anfang des Gletschers nach aufwärts gerichtet. Bei diesen Randspaltten ist es nicht selten, dass sie in kleine Gruppen vereint sind; dabei fällt die eigenthümliche Veränderung auf, welche die Stellung der sich folgenden Spaltten erleidet. Wir finden, dass zwar die erste, jedesmal auch die grösste, ganz wie zu erwarten, einen sehr spitzen

1) AGASSIZ in den *Comptes rendus* T. XV. 1842. S. 248 und 435.

2) Da in verticaler Richtung die dem Boden näheren Theile ebenfalls langsamer sich bewegen müssen als die Oberfläche, ebenso wie Uferparthien gegenüber jenen der Mitte, so müssten die beiden Wände der Querspaltten nach und nach eine Neigung nach vorne erhalten; gewöhnlich lassen die Wände nichts davon erkennen, theils weil die Spaltten nicht tief genug gehen, den Gegensatz bemerkbar zu machen, theils weil sie nur kürzere Zeit bestehen und gleichzeitig mit ihrer Ortsveränderung sich wieder mehr und mehr schliessen.

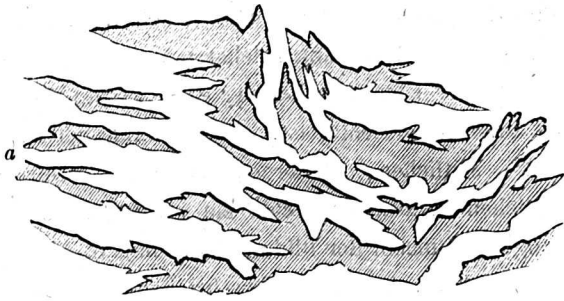
Winkel mit dem Ufer nach der Firnlinie zu bildet. Doch wird dieser in den folgenden immer stumpfer, die Spalten werden kleiner, und sie verschwinden, ehe sie ihren Winkel um 40 oder 50° verändert haben. Wir können uns die Entstehung solcher Gruppen so denken, dass der Gletscher an einem Felsenriffe der Ufer aufgehalten, eine Spalte wirft, die, normal gestellt, mit der Spitze nach aufwärts gerichtet ist. Da die inneren Theile derselben sich schneller bewegen als die seitlichen, äusseren, so wird dadurch die Spalte immer mehr aus der ursprünglichen Richtung gedreht; sie verlässt zugleich allmählich die Stelle ihrer ersten Entstehung, und macht der Bildung einer neuen, ebenfalls wieder normalen Platz. So kann es geschehen, dass in der beschriebenen Ordnung eine Reihe von Spalten sich entwickelt. Je mehr sie sich aber von der Anfangsrichtung entfernen, desto grösser wird die Möglichkeit des Schliessens, desto mehr setzen sie sich dem Drucke des Gletschers aus, daher ihr baldiges Verschwinden. Eine Reihe solcher Spalten findet sich auf unserer Karte der Pasterze am linken Ufer, etwas unter der Linie B.

Die Längenspalten entstehen besonders an Stellen, welche eine Ausbreitung der Gletschermasse nach den Seiten begünstigen; sie finden sich daher überall, wo Gletscher in weitere Beete eintreten. Jedoch ist der Raum, den sie einnehmen, viel kleiner als die Grösse, um welche der Gletscher breiter wird. Dafür, dass an solchem Ausbreiten die Verschiebbarkeit Theil nimmt, spricht auch der Umstand, dass damit gewöhnlich ein Abnehmen der verticalen Tiefe, ein Senken der Oberfläche verbundene ist. Bisweilen sind sie nicht wie die übrigen Spalten geradlinig, sondern sehr unregelmässig zickzackförmig gekrümmt; ein Beispiel dafür sahen wir am Hochjoch.

Nahe am Gletscherende verbinden sich solche Längenspalten sehr häufig mit Randspalten in der Art, dass sie fächerförmig das Ende umgeben; diese Spalten haben oft sehr grosse Breite und Tiefe.

Eine allgemeine Zerklüftung der Gletschermassen von tiefen, unregelmässig vertheilten Spalten (*crevasses d'escarpement*) tritt ein, wenn der Gletscher grösseren Unebenheiten des Thales begegnet. Das Eis wird dadurch nicht selten in isolirte Massen, Eisnadeln, getrennt, die manchen Gletschertheilen eine eigenthümliche Schönheit verleihen. Sie sind am Absturze der Pasterze sehr entwickelt; allgemein bekannt ist auch ihr Vorkommen am Rhonegletscher, am Mer de glace, am Grindelwaldgletscher u. s. w. Am Vernagt, dessen Sohle so ungemein geneigt ist, waren diese Spalten nicht, wie bei den übrigen Gletschern, nur auf eine kleine Stelle beschränkt. Als die letzte Periode der Oscillationen dieses Gletschers im Jahre 1843 begann, war er so zerklüftet, dass es bis 1845 unmöglich war, denselben in irgend einer Richtung zu überschreiten. 1846 — 1847 war nur an dem ebensten Theile mit vielen Umwegen ein Uebergang möglich. Wir waren überrascht, im Jahre 1848 zu finden, dass auch da noch die Richtung des Ueberganges mit allen Einzelheiten kleiner Biegungen eingehalten werden musste. Erst im Jahre 1849 war der Gletscher an mehreren Stellen geebnet. Die bedeutendste Zerklüftung bemerkten wir 1847 etwas oberhalb Plattei;

Fig. 43.



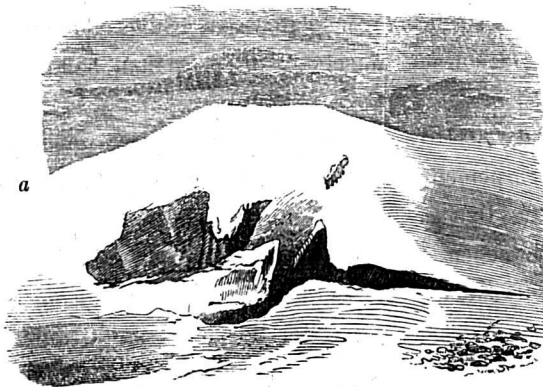
Plan einer zerklüfteten Stelle am Vernagt.

a b. Breite 250 Fuss.

Störungen der regelmässigen Vertheilung der Spalten treten bei secundären Gletschern gewöhnlich häufiger ein, als bei den grösseren, da sie im allgemeinen weniger regelmässige Thäler einnehmen und ihre geringere Dicke auch leichter den Unebenheiten des Bodens nachgiebt.

Eine besondere Art von Spalten sind die »Bergschründe«; sie gehören zwar nicht mehr dem eigentlichen Gletscher an, aber sind doch durch die Bewegung des letzteren und der Firnmassen bedingt. Diese entfernen sich nämlich dadurch von den Begrenzungen der Mulden und lassen so Zwischenräume übrig, die oft sehr beträchtlich werden; sie nehmen gewöhnlich kreisförmig, bald mehr bald weniger zusammenhängend, die ganze obere Contour der Firnmeere ein, und es ist oft mit Schwierigkeiten verbunden

Fig. 44.



Firnschrund am Leitergletscher.

a b. Locale Wölbung des Firnes.

Wenn eine Spalte durch die Bewegung des Gletschers nach und nach eine Stelle erreicht, wo die Bedingungen ihres ersten Entstehens völlig aufgehört haben, wird sie sich in den meisten Fällen bald schliessen, allein ohne immer spurlos zu verschwinden. Wenn ihre Kanten durch Abschmelzen sehr zugerundet waren, was besonders an weit geöffneten eintritt, dann bleibt, wenn auch ihre unteren Theile bis zur Berührung sich nähern, doch eine bedeutende Vertiefung an der Oberfläche zurück, ein »Graben«, wel-

Figur 43. gibt uns das Verhältniss der Spaltenöffnungen (schraffirt) zur Masse des Eises an dieser Stelle.

Eine Vereinigung aller dieser Verhältnisse finden wir fast auf jedem Gletscher dessen Lauf von einer Terrasse unterbrochen wird; die Spalten auch der Pasterze können uns demnach als Typus vieler anderen dienen. Wir haben sie auf unserer Karte mit möglichster Sorgfalt eingetragen.

über sie hinweg zu kommen, da bei ihrer grossen Ausdehnung ein Umgehen ohnehin nicht möglich ist. Auch sie erweitern sich durch den Einfluss der eintretenden Atmosphäre oft zu bedeutenden Höhlen, wie die übrigen Spalten des Firnes.

Wir theilen hier das Bild jenes Bergschrundes mit, den man zwischen den Abhängen der Hohenwarte und dem Firnmeere des Leitergletschers bei der Besteigung des Grossglockners überschreiten muss.

cher der Richtung der ehemaligen Spalte folgend, oft grosse Strecken quer über den Gletscher fortzieht. Der Vernagt war vorzüglich geeignet dieses zu zeigen; schon 1847 begannen sich manche seiner grossen Spalten zu schliessen und sie hinterliessen dann eine Reihe von Gräben, welche grossen Strecken der Gletscheroberfläche ein wellenförmiges Ansehen gaben und 6 bis 10' Tiefe erreichten. Auch an der Pasterze war in der Nähe des Blockes *a*¹ eine ähnliche Senkung aber von kürzerer Erstreckung; die Spalten in einiger Entfernung aufwärts davon liessen ihre Entstehung sehr deutlich erkennen. Besonders ausgezeichnet waren solche Stellen unter dem Absturze, wo die Spalten sich nach der jähen Senkung wieder zu schliessen beginnen. Wir theilen hier eine Ansicht von dieser Gruppe mit.

Noch manches Andere trägt bei, die frühere Zerspaltung einer Stelle kenntlich zu erhalten. Die verticalen Wände, den Einwirkungen der Atmosphäre weit mehr ausgesetzt als die Punkte in der compacten Gletschermasse bei gleicher Tiefe, zeigen auch ein bedeutenderes Zerfallen in Gletscherkörner. Nähern sich die Spaltenwände wieder, so bleibt ihre frühere

Lage durch ein neues blaues Band, d. h. durch deutlicheres Körnergefüge bezeichnet. Diese Bänder unterscheiden sich von den regelmässigen nur durch ihre unbestimmte Richtung, und tragen oft sehr viel bei, die Entscheidung über das Streichen der letzteren zu erschweren. Doch haben diese »Spaltenbänder« oft bedeutende Erstreckung. Spalten, die sich nur theilweise schliessen, und dann grössere und kleinere Wasserbehälter, »Cisternen«, (puits) bilden, stehen sehr oft mit den Spaltenbändern in Verbindung; ein solcher »Brunnen« wurde uns die erste Veranlassung sie kennen zu lernen. Als wir bei unseren Infiltrationsversuchen auch in eine Cisterne von geringerer Tiefe Infiltrationsmasse brachten, machte sich am folgenden Morgen eine merkliche Verdünnung durch lichtere Farbe der Flüssigkeit kenntlich; zugleich bemerkten wir, dass den blauen Bändern ähnliche Linien ebenfalls leicht gefärbt worden. Wir gossen in diese eine Lösung von basisch – essigsaurem Bleioxyd nach (die erste Flüssigkeit war saures chromsaures Kali gewesen); der darauf erfolgende Niederschlag machte die Infiltration noch deutlicher. Obgleich diese Stelle mit einem blauen Bande grosse Aehnlichkeit hatte, so liess sich doch durch Vergleichen mit der Umgebung bald erkennen, dass seine Richtung und Mächtigkeit, vor allem seine Bedeutung eine ganz andere war. Es durchschnitt mehrere andere blaue Bänder unter einem Winkel von 30°. Bald bemerkten wir, dass auch die meisten anderen Cisternen solche Spaltenbänder hatten, ja nicht selten eine

Fig. 45.



Geschlossene Spalten auf der Pasterze.

a. Moränenfetzen. *b.* Niveau eines kleinen Gletscherbaches, früher schmale Längenspalte. *c.* Wand einer früheren Querspalte.

Reihe derselben durch die letzteren in Verbindung stand. Die gegenseitige Lage einzelner Cisternen kann uns in vielen Fällen sehr gute Anhaltepunkte zur Auffindung dieser Bänder geben.

Die oft unregelmässige Richtung solcher Bänder darf nicht befremden, da wir gesehen, dass die Spalten, selbst noch ehe sie sich schliessen, Veränderungen ihrer Stellung gegen die Gletscherachse erleiden. Die abweichendsten der Spaltenbänder, welche wir noch mit Sicherheit als solche zu erkennen vermochten, mussten sich, um ihre gegenwärtige Stellung einzunehmen, beinahe um 60 Grad gedreht haben. Die Cisternen bekleiden sich nach und nach mit einer Kruste von Wassereis, die nach innen immer dicker wird, zuletzt dieselben ganz ausfüllt (wahrscheinlich Product der Winterkälte), aber gerade so erhalten sie sich geraume Zeit und können als concentrisch angeordnete Lagen blauen Eises noch lange erkannt werden.

Oft wird das vollkommene Schliessen einer Spalte dadurch verhindert, dass sich Gletscherbäche in dieselbe ergiessen. Es bleiben grosse cylindrische Oeffnungen von bedeutender Tiefe übrig, welche wegen des eigenthümlichen Geräusches des hinabstürzenden Wassers den Namen »Mühlen« erhielten. Die Existenz der Mühlen bleibt gewöhnlich so lange gesichert, bis eine höher gelegene neu entstandene Spalte den Zufluss des Wassers abschneidet. Die meisten Mühlen haben nichts mehr was an ihre Entstehung aus der Spalte erinnert, nur jene, welche aus Längenspalten entstehen, weisen bisweilen noch auf ihren Ursprung hin. Längenspalten schliessen sich ungleich schwerer als Querspalten; daher behalten ihre Mühlen einen birnförmigen Durchschnitt, dessen Erweiterung dem Gletscherende zugekehrt ist. Der Durchmesser derselben wechselt zwischen 4 — 4 Meter; sie gehen in ihren oberen Theilen fast genau senkrecht in die Tiefe, scheinen aber den festen Boden nur selten zu erreichen; in der Tiefe wird das Wasser aus ihnen in etwas weniger geneigten Canälen fortgeführt. Die grösste senkrechte Tiefe fanden wir bei 34 Meter; wir überzeugten uns dabei durch Wachsüberzug unseres Senkbleies, dass wir nur auf eisige Unterlage gekommen waren. Die Vertheilung der Mühlen zeigt einige Regelmässigkeit; sie sind zwar an keiner Stelle des Gletschers unmöglich, sie finden sich aber doch hauptsächlich da, wo durch Vertiefungen gegen die Ufer oder längs der Moränen die Wasser des Gletschers besonders häufig sich sammeln.

Resultate.

1) Der Gletscher ist lamellenförmig, aus Lagen von weissem (blasenreichen) und blauem (luftblasenfreien) Eise zusammengesetzt.

2) Ihre gegenseitige Lage ist so, dass sie an einem Längendurchschnitte des Gletschers von der Firnlinie gegen das Ende immer spitzere Winkel mit der horizontal gedachten Unterlage des Gletschers bilden.

3) Durch die ungleiche Schmelzbarkeit des weissen und blauen Eises werden an der Oberfläche des Gletschers Curven sichtbar, die Ogiven. Sie sind die besten Kriterien für das allgemeine Streichen der blauen Bänder an der Oberfläche.

4) Die Ogiven werden auf einzelnen Zuflüssen und an einfachen Gletschern mit der Entfernung von dem Firnmeere immer spitzer; an zusammengesetzten vereinigen sie sich immer mehr zu einer einfachen Curve.

5) Die Bänder sind unabhängig von der Schichtung des Firnes. Sie entstehen erst im festen Eise, und zwar durch kleine Spaltungen in Folge der Spannung, welche das Eis durch die Bewegung nach abwärts erleidet. Sie finden sich unter günstigen Umständen selbst am Wassereise.

6) Der Ort ihrer Entstehung ist vorzugsweise in der Nähe der Firnmeere; dort ist ihre Richtung fast rechtwinklig auf die Gletscherachse und sie fallen dabei senkrecht in die Tiefe. Die Veränderung ihrer Form in den mehr nach abwärts gelegenen Theilen des Gletschers lässt sich aus der ungleichen Vertheilung der Schnelligkeit in der Masse des Gletschers herleiten.

7) In einiger Entfernung vom Firnmeere scheinen sie nicht neu zu entstehen, sondern die vorhandenen erweitern sich nur etwas mehr.

8) Wenn locale Hindernisse der Bewegung sich entgegenstellen entstehen Spalten und Risse, die nicht selten eine bedeutende Breite erreichen. Haben sie aber einmal den Ort ihrer Entstehung verlassen, so schliessen sie sich bald wieder.

9) Auch das Ausbreiten des Gletschers in einem weiteren Thale gibt zur Spaltenbildung Veranlassung. Diesem sind die Längenspalten und die Zerklüftungen an den Ausgängen der Gletscher zuzuschreiben.

CAP. V.

Bewegung.

Methode der Beobachtung. Tabellarische Zusammenstellung der beobachteten Schnelligkeiten. I. Pasterze. II. Hintereis. III. Vernagt. Veränderung der Geschwindigkeit. Einfluss der Temperatur und der Witterung im allgemeinen. Relative Schnelligkeiten an einer Querlinie und an der Längensachse. Seitliche Bewegung. Jährliche Bewegung. Bewegung von secundären Gletschern und von Firmassen. Ursachen der Bewegung. Theorie des Gleitens. Infiltrationstheorie. Plasticität. Verschiebbarkeit des Eises in grossen Massen.

Methode der Beobachtung.

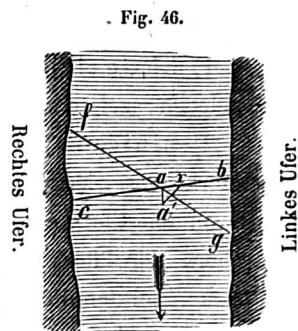
Die Gesetze der Bewegung so grosser Eismassen sind eines der schönsten Probleme, welches sich bei Untersuchungen über die Gletscher darbietet. Nicht nur ihre absolute Grösse, auch ihre Abhängigkeit von dem Zustande der Atmosphäre, von der Lage des beobachteten Punctes bezüglich der Quer- und Längendimensionen des Gletschers, geben interessante Aufschlüsse über die Eigenschaften des Eises in grösseren Massen.

Abhängig von der Bewegung sind auch die Schwankungen im Stande des Gletscherendes; allein wir dürfen diese Oscillationen nicht mit jenem Gegenstande verwechseln, der uns jetzt beschäftigen soll. Unter der Bewegung des Gletschers versteht man jenes Fortschreiten der ganzen Masse nach abwärts, welches sich an allen Puncten jedoch in sehr verschiedener Grösse äussert; die Schwankungen aber im Stande des Gletscherendes sind das Resultat aus der Bewegung und dem jährlichen Abschmelzen; ist das letztere bedeutend, so kann es geschehen, dass der Gletscher an Länge abnimmt, und sein Ende weiter nach rückwärts zu liegen kommt, während doch die ganze Masse unaufhörlich nach abwärts zieht. In kühlen Sommern dagegen ist es möglich, dass das Abschmelzen des Eises die vorgeschobene Masse nicht zu compensiren vermag; das Ende des Gletschers wird dann weiter vorrücken. Ausführliche Beobachtungsreihen über die Bewe-

gung konnten nur auf wenigen grösseren Gletschern ausgeführt werden. Es sind diess vorzüglich der Unteraargletscher und der Glacier des Bois, wo AGASSIZ und FORBES ihre bekannten Untersuchungen anstellten; wir selbst haben auf der Pasterze längere Zeit die Bewegung beobachtet, und auch auf den Gletschern des Oetzthales einige Daten hierüber gesammelt. Wir werden zuerst unsere Beobachtung ausführlich mittheilen, um uns dann eine allgemeine Vergleichung zu erlauben.

Um die Grösse der Bewegung zu messen, bedient man sich entweder eines Theodolithen und verfährt dabei nach den bekannten Methoden geodätischer Operationen, oder man bedient sich der am Ufer fixirten Fernröhre, welche bei grosser Einfachheit ebenfalls sehr genaue Resultate geben. Das Verfahren nach der letzteren Art ist folgendes. In dem Punkte b des Ufers wird eine

Stange unbeweglich eingerammt, an einem Punkte c des gegenüberliegenden Ufers wird ebenfalls ein Pfahl aufgestellt, oder eine Marke an den Felsen (weisses Kreuz auf schwarzem Grunde od. dgl.) angebracht. Richten wir ein Fernrohr von b nach c , so dass sein Fadenkreuz mit den Armen des jenseitigen Kreuzes zusammenfällt, so ist die Linie bc fixirt; es stellt nun ein zweiter Beobachter in a eine Stange auf, welche mit dem Fadenkreuze des Fernrohres in b , so wie mit dem Signale



in c in einer geraden Linie liegt. Bewegt sich die Stange mit dem Gletscher nach a' , so wird sie nicht mehr in der Linie bc liegen, was durch das nach c gerichtete Fernrohr leicht wahrgenommen wird. Ein zweiter Beobachter entfernt nun, nach Signalen, die ihm vom Ufer gegeben werden, eine bewegliche Stange von a' so weit, bis sie durch das Fernrohr in b gesehen mit c zusammenfällt. Da es auf diese Weise noch immer möglich wäre, dass wir die bewegliche Stange nicht in a selbst, sondern in irgend einem Punkte x der Linie bc aufstellten, so bleibt es nöthig durch eine zweite Visionslinie fg sich von der Richtigkeit des Punktes a zu überzeugen. Eine eigenthümliche Schwierigkeit liegt dabei in der Mittheilung genauer Signale. Die Entfernungen sind so gross, dass acustische Zeichen meistens unverstanden bleiben. Bei directer Sonnenbeleuchtung fanden wir es am besten einen kleinen Spiegel von 4 Centimeter Durchmesser so zu wenden, dass der zweite Beobachter am Gletscher das reflectirte Licht erblickte. Diese Zeichen sind weithin erkennbar und erlauben dem Beobachter am Fernrohre immer am Platze zu bleiben. Bei bedecktem Himmel jedoch bezeichneten wir durch Auf- oder Abwärtsgehen, in welcher Richtung der bewegliche Stock zu verstellen war. Der zweite Beobachter war dabei ebenfalls mit einem (kleineren) Fernrohre versehen. Zum Einvisiren bedienten wir uns eines grösseren sehr schönen Fernrohres aus der bekannten Anstalt von URZSCHNEIDER und FRAUNHOFER in München¹⁾.

1) Wir möchten hier noch eine andere Methode, die Bewegung zu bestimmen, erwähnen, wodurch das zeitraubende Signalgeben vermieden würde. Befestigen wir zwei Prismen an einen cylindrischen

Tabellarische Zusammenstellung.

Wir theilen hier unsere unmittelbaren Beobachtungen über die Bewegung an verschiedenen Gletschern mit.

I. Pasterze.

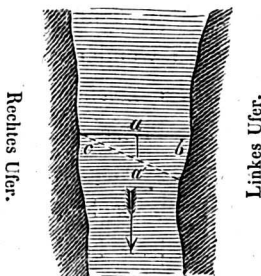
Es lassen sich an ihr 3 Gruppen unterscheiden: das Firnmeer, der Theil von der Firnlinie bis zum Absturze, und der Untere Boden, welche durch zwei jähe Senkungen getrennt sind. Unsere Beobachtungen konnten wir daher am besten in folgende drei Reihen vertheilen:

1) Linie A²). Etwas unterhalb der beiden Burgställe, ganz nahe an der Firnlinie gelegen, zeigte sie uns die Bewegung des Gletschers in seinen ersten Anfängen.

2) Linie B. Sie reichte von der Johannishütte bis zum Zufluss des äusseren Glocknerkahres. Mehrere Punkte derselben waren auf einem schönen Felsen des gegenüberliegenden Ufers einvisirt. Der Standpunkt des Instrumentes war hart am Ufer des Gletschers; ein Pflock, fest eingerammt, war der diesseitige fixe Punkt. Die ersten fünf Pfähle standen demnach ganz in einer geraden Linie. Der sechste Beobachtungspunkt, ein mächtiger Block auf der grössten Moräne, erlaubte uns durch seine Lage nicht den-

Ring, so dass sie senkrecht in der Mitte desselben, aber noch ausser seinem Rande stehen, so können wir sie leicht vor das Objectiv unseres Fernrohres bringen. Sind sich die Prismen unbeweglich so gegenüber gestellt, dass ihre Hypotenusenflächen unveränderlich einen bestimmten Winkel bilden, so werden wir im Fernrohr die sich deckenden, durchsichtigen Bilder von zwei Gegenständen bekommen, durch welche eine gerade Linie fixirt ist. Es ist vortheilhaft den Winkel der Prismen 90° zu machen, wobei wir die Bilder um 180° entfernt erhalten. Da es nicht gebrochene, sondern an den Hypotenusenflächen total reflectirte Strahlen sind, welche in unser Auge gelangen, so wird das erhaltene Bild auch ganz achromatisch sein; zugleich muss eine Blendung angebracht werden, welche nur das durch die Prismen kommende Licht ins Fernrohr gelangen lässt.

Fig. 47.



Die Anwendung des Apparates ist sehr einfach. Wir begeben uns mit dem Fernrohre auf den Punkt *a*, wählen zwei Gegenstände an den Ufern, die sich an charakteristischen Punkten gerade unter dem Fadenkreuze decken, und lassen sie dort bezeichnen. Rückt *a* nach *a'*, so werden wir die Veränderung sogleich bemerken, so bald wir unser Instrument aufstellen; denn von *a'* aus wird *c* niemals mit *b* zusammenfallen; diess geschieht erst, wenn wir wieder auf die Linie *c b* zurückgehen. Die Entfernung unserer Prismen von der Stange wird dann genau die Grösse der Bewegung sein. Wegen der grossen Einfachheit des Verfahrens ist es hier auch leicht thunlich, sich des Punktes *a* durch zwei in *a* sich schneidende Linien zu versichern. Wir haben diesen Apparat am Gletscher nicht angewandt, sondern, wie oben erwähnt, bedienten wir uns stets des am Ufer fixirten Fernrohres, da uns erst die Schwierigkeiten gleichzeitiger Beobachtungen am Gletscher auf

die Vortheile dieser einfacheren Methode aufmerksam machten. Doch versäumten wir nicht in München den Apparat des Versuches wegen zusammenzustellen und fanden, wie zu erwarten, keine Hindernisse seiner Anwendung.

2) Die Beobachtungslinien folgen sich in alphabetischer Ordnung überall von dem Anfange des Gletschers gegen das Ende; die Bezifferung der Blöcke beginnt jedesmal am linken Ufer.

selben Standpunkt des Instrumentes beizubehalten; diesen und die folgenden beobachteten wir von dem schönen Felsen bei der Johannishütte, und machten für sie ein neues Zeichen am rechten Ufer.

3) Linie C am Unteren Boden war wegen der grossen Unebenheit des Gletschers in der Nähe der Ufer die ungünstigste; sie erforderte für jeden Beobachtungspunct neue Marken am jenseitigen Ufer.

Bewegung der Pasterze. 15. August bis 8. September 1848.

Linie A: *Burgstall.*

Entfernung vom unteren Ende 5300 Meter.

	Beobachtungszeit.			Zeit zwischen zwei Beobach- tungen in Stunden.	Totale Be- wegung ¹⁾ in Centime- tern.	Bewegung zwischen zwei Beobachtun- gen.	Berechnete Bewegung für eine Stunde.	Berechnete Bewegung für einen Tag.
	No.	Datum	St. Min.					
Pfahl a ¹ .	1.	27. Aug.	11 ^h 50'	0				
			a. m.					
Entf. vom linken Ufer 60 M.	2.	31. Aug.	1 ^h 14'	97	23	23	0,237	5,69
			p. m.					
	3.	7. Sept.	11 ^h 30'	166	65	42	0,253	6,07
			a. m.					
						Mittel ²⁾	0,247	5,93
Block a ² .	4.	27. Aug.	12 ^h 10'	0				
			p. m.					
Entf. vom linken Ufer 169 Meter	5.	31. Aug.	2 ^h 0'	98	44	44	0,449	10,78
			p. m.					
	6.	7. Sept.	12 ^h 0'	166	122	78	0,470	11,28
						Mittel	0,463	11,11

Linie B: *Johannishütte.*

Entfernung vom unteren Ende 3400 Meter.

	Beobachtungszeit.			Zeit zwischen zwei Beobach- tungen in Stunden.	Totale Be- wegung in Centime- tern.	Bewegung zwischen zwei Beobachtun- gen.	Berechnete Bewegung für eine Stunde.	Berechnete Bewegung für einen Tag.
	No.	Datum.	St. Min.					
Pfahl b ¹ .	7.	15. Aug.	5 ^h 40'	0				
			p. m.					
Entf. vom linken Ufer 79 M.	8.	20. Aug.	1 ^h 50'	116	26	26	0,224	5,37
			p. m.					
	9.	25. Aug.	10 ^h 36'	117	50	24	0,205	4,92
			a. m.					

1) Die Grössen der Bewegung sind überall in Centimetern ausgedrückt.

2) Diese Zahlen sind nicht das arithmetische Mittel aus den einzelnen Beobachtungen, sondern wurden erhalten, indem die Gesamtzahl der Bewegung durch die Summe der verflossenen Stunden oder Tage dividirt wurde.

	Beobachtungszeit.			Zeit zwischen zwei Beobach- tungen in Stunden.	Totale Be- wegung in Centimeter.	Bewegung zwischen zwei Beobachtun- gen.	Berechnete Bewegung für eine Stunde.	Berechnete Bewegung für einen Tag.
	No.	Datum.	St. Min.					
Pfahl b ¹ .	10.	2. Sept.	4 ^h 0'	197	101	51	0,259	6,22
			p. m.					
	11.	5. Sept.	3 ^h 20'	71	123	22	0,309	7,42
			p. m.					
	12.	7. Sept.	2 ^h 20'	47	140	17	0,362	8,69
			p. m.					
						Mittel	0,255	6,12
Pfahl b ² . Entf. vom linken Ufer 178 Meter	13.	15. Aug.	6 ^h 0'	0				
			p. m.					
	14.	20. Aug.	2 ^h 15'	116	65	65	0,560	13,44
			p. m.					
	15.	25. Aug.	11 ^h 0'	117	106	41	0,350	8,40
			a. m.					
	16.	2. Sept.	4 ^h 36'	198	218	112	0,565	13,56
			p. m.					
	17.	5. Sept.	4 ^h 0'	71	267	49	0,692	16,69
			p. m.					
	18.	7. Sept.	3 ^h 0'	47	309	42	0,899	21,58
			p. m.					
						Mittel	0,563	13,51
Pfahl b ³ . Entf. vom linken Ufer 203 Meter	19.	25. Aug.	12 ^h 0'	0				
	20.	1. Sept.	4 ^h 15'	172	77	77	0,448	10,75
			p. m.					
	21.	3. Sept.	10 ^h 0'	42	108	31	0,738	17,71
			a. m.					
	22.	6. Sept.	3 ^h 15'	77	191	83	1,078	25,87
			p. m.					
						Mittel	0,656	15,74
Pfahl b ⁴ . Ogven- Spitzen. Entf. vom linken Ufer 498 M.	23.	25. Aug.	12 ^h 30'	0				
			p. m.					
	24.	1. Sept.	5 ^h 0'	172	168	168	0,977	23,45
			p. m.					
	25.	3. Sept.	10 ^h 40'	42	216	48	1,143	27,43
			a. m.					
	26.	7. Sept.	10 ^h 30'	96	332	116	1,208	28,99
			a. m.					
						Mittel	1,071	25,70
Pfahl b ⁵ . Firnmo- räne. Entf. vom linken Ufer. 630 M.	27.	25. Aug.	1 ^h 0'	0				
			p. m.					
	28.	2. Sept.	4 ^h 45'	196	151	151	0,775	18,60
			p. m.					
	29.	7. Sept.	11 ^h 0'	114	278	127	1,114	26,74
			a. m.					
						Mittel	0,897	21,53

	Beobachtungszeit.			Zeit zwischen zwei Beobach- tungen in Stunden.	Totale Bewegung. In Centi- metern.	Bewegung zwischen zwei Beobachtun- gen.	Berechnete Bewegung für eine Stunde.	Berechnete Bewegung für einen Tag.
	No.	Datum.	St. Min.					
Block b ⁵ .	30.	15. Aug.	5 ^h 30'	0				
Entfern. vom lin- ken Ufer 786 Met.	31.	5. Sept.	p. m. 5 ^h 40'	504	464	464	0,349	7,66
	32.	7. Sept.	p. m. 8 ^h 40'	40	479	48	0,450	10,80
			a. m.			Mittel	0,329	7,90
Block b ⁷	33.	16. Aug.	12 ^h 30'	0				
vom lin- ken Ufer 823 Met.	34.	3. Sept.	p. m. 5 ^h 30'	437	432	432	0,302	7,25
			p. m.					

Linie C: Unterer Boden.

Entfernung vom unteren Ende 900 Meter.

	Beobachtungszeit.			Zeit zwischen zwei Beobach- tungen in Stunden.	Totale Bewegung. in Centi- metern.	Bewegung zwischen zwei Beobachtun- gen.	Berechnete Bewegung für eine Stunde.	Berechnete Bewegung für einen Tag.
	No.	Datum.	St. Min.					
Block c ¹ .	35.	26. Aug.	9 ^h 45'	0				
Entfern. vom linken Ufer 470 Met.	36.	5. Sept.	a. m. 8 ^h 30'	239	294	294	1,248	29,23
	37.	8. Sept.	a. m. 10 ^h 30'	74	430	439	1,878	45,07
			a. m.			Mittel	1,374	32,98
Pfahl c ² .	38.	26. Aug.	10 ^h 40'	0				
Entfern. vom lin- ken Ufer 442 Met.	39.	5. Sept.	a. m. 9 ^h 30'	239	384	384	1,594	38,26
	40.	8. Sept.	a. m. 11 ^h 45'	74	564	480	2,432	58,37
			a. m.			Mittel	1,792	43,04

II. Der Hintereisgletscher.

Wir hatten auf demselben einen grossen Pfahl da aufgestellt, wo sich der Kesselwandgletscher mit ihm vereinigt, Linie A. Ein zweiter Beobachtungspunkt war in der Nähe der Hintereis- oder Rofner-Hütte, die wir einige Zeit bewohnten, eingerichtet. Es war diess ein schöner Block mit einer Signalstange versehen.

Bewegung des Hintereisgletschers. 30. August bis 21. September 1847.

Linie A: Zufluss der Kesselwünde.

Entfernung vom unteren Ende 2219 Meter.

	Beobachtungszeit.			Zeit zwischen zwei Beobach- tungen in Stunden.	Totale Be- wegung in Centime- tern.	Bewegung zwischen zwei Beobachtun- gen.	Berechnete Bewegung für eine Stunde.	Berechnete Bewegung für einen Tag.
	No.	Datum.	St. Min.					
Pfahl a ¹ . Entfern. vom lin- ken Ufer 241 Met.	41.	31. Aug.	3 ^h 20' p. m.	0				
	42.	2. Sept.	10 ^h 20' a. m.	43	25,8	25,8	0,600	14,40
	43.	15. Sept.	4 ^h 10' p. m.	345	176	150	0,476	10,82
	44.	20. Sept.	10 ^h 50' p. m.	118	242	66	0,559	13,44
						Mittel	0,508	12,19

Linie B: Rofnerhütte.

Entfernung vom unteren Ende 638 Meter.

	Beobachtungszeit.			Zeit zwischen zwei Beobach- tungen in Stunden.	Totale ¹⁾ Bewegung in Centi- metern.	Bewegung zwischen zwei Beobachtun- gen.	Berechnete Bewegung für eine Stunde.	Berechnete Bewegung für einen Tag.
	No.	Datum.	St. Min.					
Block b ¹ . Entfern. vom linken Ufer 472 Meter.	45.	30. Aug.	4 ^h 15' p. m.	0				
	46.	31. Aug.	10 ^h 12' a. m.	18	6,5	6,5	0,356	8,53
	47.	31. Aug.	5 ^h 25' p. m.	7	9,5	3	0,429	10,29
	48.	3. Sept.	1 ^h 20' p. m.	68	30	20,5	0,301	7,22
	49.	4. Sept.	9 ^h 14' a. m.	20	36	6	0,300	7,20
	50.	15. Sept.	3 ^h 15' p. m.	270	120	84	0,311	7,46
	51.	20. Sept.	2 ^h 30' p. m.	119	160	40	0,336	8,06
	52.	21. Sept.	4 ^h 30' p. m.	11	164	4	0,363	8,71
						Mittel	0,32	7,68

III. Vernagt.

Seine ganze Masse stemmte sich gegen die Zwerchwand; nur zwei kleine Ausläufer, fast rechtwinklig auf der Richtung des übrigen Gletschers, hatten ein freieres Ende. Die Bewegungen, welche wir an den aufgestellten Pfählen massen, war demnach

¹⁾ Die hier angeführten Grössen beziehen sich auf die Bewegung in der Richtung der Gletscherachse. Ueber die seitliche Abweichung siehe den nächsten Abschnitt dieses Capitels.

in ihrem grössten Theile bloss dadurch möglich, dass die vielen Spalten des Vernagt immer mehr verengt wurden, eine Ansicht, die dadurch bestätigt wird, dass Ende Herbst 1849 die Spalten wirklich zum grössten Theile geschlossen waren. Die Linie *A* befand sich nahe bei den Felsen Plattei. Die Linie *B* war die Uebergangsstelle selbst.

Bewegung des Vernagt. 28. Aug. bis 20. Sept. 1847.

Linie *A*: *Plattei*.

Entfernung vom unteren Ende (Zwerchwand) 840 Meter.

	Bewegungszeit.			Zeit zwischen zwei Beobach- tungen in Stunden.	Totale Bewegung in Centi- metern.	Bewegung zwischen zwei Beobachtun- gen.	Berechnete Bewegung für eine Stunde.	Berechnete Bewegung für einen Tag.
	No.	Datum.	St. Min.					
Pfahl <i>a</i> ¹ . Entfern. vom linken Ufer 74 Meter.	53.	28. Aug.	2 ^h 30'	0				
			<i>p. m.</i>					
	54.	1. Sept.	9 ^h 50'	91	23	23	0,253	6,07
			<i>a. m.</i>					
	55.	5. Sept.	1 ^h 20'	100	49	26	0,260	6,24
			<i>p. m.</i>					
	56.	19. Sept.	1 ^h 40'	336	131	82	0,244	5,86
			<i>p. m.</i>					
						Mittel	0,249	5,98
Pfahl <i>a</i> ² . Entfern. vom linken Ufer 229 Meter.	57.	28. Aug.	3 ^h 40'	0				
			<i>p. m.</i>					
	58.	1. Sept.	12 ^h 40'	93	54	54	0,580	13,92
			<i>p. m.</i>					
	59.	5. Sept.	4 ^h 0'	100	113	59	0,590	14,16
			<i>p. m.</i>					
	60.	19. Sept.	3 ^h 40'	335	284	171	0,510	12,24
			<i>p. m.</i>					
						Mittel	0,538	12,91

Linie *B*: *Uebergangsstelle im Brand*.

Entfernung vom unteren Ende (Zwerchwand) 483 Meter.

	Beobachtungszeit.			Zeit zwischen zwei Beobach- tungen in Stunden.	Totale Be- wegung in Centime- tern.	Bewegung zwischen zwei Beobachtun- gen.	Berechnete Bewegung für eine Stunde.	Berechnete Bewegung für einen Tag.
	No.	Datum.	St. Min.					
Pfahl <i>b</i> ¹ . Entfern. vom linken Ufer 95 Meter.	61.	28. Aug.	8 ^h 40'	0				
			<i>a. m.</i>					
	62.	1. Sept.	2 ^h 40'	102	27	27	0,264	6,34
			<i>p. m.</i>					
	63.	3. Sept.	8 ^h 30'	42	37	40	0,238	5,71
			<i>a. m.</i>					
	64.	5. Sept.	9 ^h 20'	49	48	41	0,224	5,38
			<i>a. m.</i>					
	65.	15. Sept.	10 ^h 40'	241	107	59	0,244	5,87
			<i>a. m.</i>					

	Beobachtungszeit.			Zeit zwischen zwei Beobach- tungen in Stunden.	Totale Be- wegung in Centime- tern.	Bewegung zwischen zwei Beobachtun- gen.	Berechnete Bewegung für eine Stunde.	Berechnete Bewegung für einen Tag.
	No.	Datum.	St. Min.					
Pfahl b ¹ .	66.	16. Sept.	11 ^h 30' a. m.	25	114	7	0,280	6,72
	67.	19. Sept.	11 ^h 40' a. m.	72	132	18	0,250	6,00
	68.	20. Sept.	12 ^h 45' p. m.	25	139	7	0,280	6,72
						Mittel	0,250	6,00
Pfahl b ² . Entfern. vom linken Ufer 392 Meter.	69.	28. Aug.	10 ^h 20' a. m.	0				
	70.	1. Sept.	4 ^h 40' p. m.	102	42	42	0,442	9,89
	71.	3. Sept.	11 ^h 45' a. m.	43	59	17	0,395	9,48
	72.	5. Sept.	4 ^h 40' p. m.	53	78	19	0,358	8,59
	73.	15. Sept.	11 ^h 20' a. m.	235	158	80	0,340	8,16
	74.	16. Sept.	12 ^h 40' p. m.	25	168	10	0,400	9,60
	75.	19. Sept.	12 ^h 40' p. m.	72	206	38	0,528	12,67
	76.	20. Sept.	4 ^h 40'	25	218	12	0,480	11,52
						Mittel.	0,393	9,43
Block b ³ . Auf dem Morä- nenfe- tzen. Entfern. vom lin- ken Ufer 804 Met. Entfern. vom rechten Ufer 495 Met.	77.	28. Aug.	12 ^h 40' p. m.	0				
	78.	1. Sept.	6 ^h 40' p. m.	101	35	35	0,344	8,26
	79.	3. Sept.	4 ^h 10' p. m.	43	49	14	0,326	7,82
	80.	5. Sept.	2 ^h 10' p. m.	49	65	16	0,326	7,82
	81.	15. Sept.	12 ^h 30' p. m.	238	136	71	0,298	7,15
	82.	16. Sept.	4 ^h 20' p. m.	25	145	9	0,360	8,64
	83.	20. Sept.	4 ^h 50' p. m.	96	182	37	0,385	9,24
						Mittel.	0,330	7,92

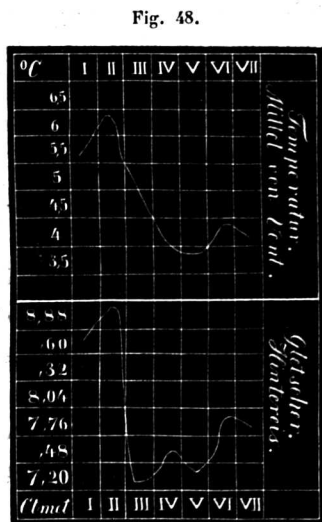
Veränderung der Geschwindigkeit.

Ein Blick auf diese Tabellen zeigt uns, dass grosse Schwankungen in der Schnelligkeit statt finden. Wir sehen eine regelmässige Zunahme von den Rändern gegen die Mitte als ganz gemeinschaftlichen Character. Auch an einzelnen Pfählen ist die Bewegung nicht immer dieselbe; diese Oscillationen hängen mit dem Gange der Temperatur und mit dem Zustande der Atmosphäre überhaupt zusammen. Als allgemeinstes Resultat kann

ausgesprochen werden, dass mit dem Steigen der Temperatur eine Beschleunigung der Bewegung, mit dem Fallen eine Verzögerung eintrete, doch ist der Zusammenhang beider oft weniger unmittelbar als man glauben sollte; bei grösserer Dicke der Gletscher tritt ihre Wirkung gewöhnlich erst etwas später ein, ähnlich wie auch das Maximum der Temperatur nicht mit der Zeit des höchsten Sonnenstandes zusammenfällt; es vermögen selbst geringe Temperaturunterschiede noch auf die Schnelligkeit modificirend einzuwirken, wenn die Massen nicht zu gross sind.

Als ein evidentes Beispiel dafür können wir die Versuche am Hintereise anführen, weil hier die Station *B* dem Ende sehr nahe lag. Um diese Beobachtungen mit dem Gange der Temperatur vergleichen zu können, wurden in einem Netze von Quadraten die einzelnen Beobachtungen als Verticalspalten aufgestellt und mit I II III u. s. w. bezeichnet. Die Temperaturgrade von Vent⁴⁾, die Bewegungsgrössen bilden die Abscissen.

Bei beiden ist die Entfernung zwischen Maximum und Minimum in sieben unter sich gleiche Theile geschieden. Die beiden Curven haben viel Gleichförmiges. Am 3. Sept. fällt jene der Bewegung sehr plötzlich; hebt sich aber bald wieder über die Temperaturcurve. Abermaliges Fallen mit noch grösserem Steigen erfolgte am 15ten. Wir können dieser Abweichungen ungeachtet schon jetzt den Zusammenhang beider Phänomene erkennen. Vergleichen wir aber damit nicht nur die Temperatur, sondern das Wetter im allgemeinen, so wird die Uebereinstimmung noch deutlicher. Die Ursachen dieser Abweichungen lassen sich sehr gut finden. Das Sinken der Mitteltemperatur vom 31. Aug. bis 3. Sept. um mehr als einen Grad drückte die Bewegung sehr weit herab, bis zu ihrem Minimum. Sicher hätte sie sich



Gleichzeitige Veränderungen in der Lufttemperatur und in der Bewegung des Hintereises.

nur unbedeutend gehoben, wäre nicht ein grosser Schneefall in der Nacht vom 31. Aug. bis 4. Sept. und Regen mit Schnee an den beiden folgenden Tagen eingetreten. Das Schmelzen desselben brachte jetzt eine Wassermenge hervor, wie sie an schönen Tagen durch das Schmelzen des Gletschereises selbst erzeugt wird. Die reichlichere Circulation des Wassers beförderte die Bewegung, eine Erscheinung auf deren Ursache wir später noch zurückkommen werden. Vom 4ten bis 15ten waren einige heitere Tage, aber sehr kalte Nächte; das Minimum der ganzen Periode in der Nacht vom 7ten auf den 5ten zu $-9,5^{\circ}\text{C.}$ fällt ebenfalls in diese Zeit, und bewirkt das zweite Sinken der Curve. Neue Schneefälle am 14ten und 15ten, und die darauf folgenden sehr heiteren Tage des 17ten, 18ten und 19ten mit relativ warmen Nächten zeigen sich aufs neue wirksam die Bewegung des Gletschers zu beschleunigen.

4) Wir können hier die Temperatur unmittelbar am Gletscher nicht geben, da uns das stürmische Wetter vom 3. bis 8. Sept. zwang, die Hintereishütte zu verlassen.

An der Pasterze bemerkt man im Allgemeinen eine Zunahme während der ganzen Beobachtungsperiode. Die Temperatur des Septembers blieb zwar im allgemeinen etwas niedriger als die des August; aber ein reichlicher Schneefall vom 24. August, und die directe Besonnung während fortgesetzter heiterer Tage lieferte eine grosse Menge Wasser, welche auf die Bewegung des Gletschers nicht ohne Einfluss war. Wir selbst bewohnten während der ganzen angeführten Periode die Pasterze an der Linie *B* (Johannishütte), und hatten so die beste Gelegenheit uns von dem Abschmelzen des Schnees auf das directeste zu überzeugen. Eine schöne Mühle nahe der Johannishütte war sehr passend, die Schwankungen der Wassermenge zu zeigen. Es mündete in dieselbe ein Gletscherbach, dessen Verzweigungen sich fast bis zur Linie *A* verfolgen liessen. Eine kleine Eisenstange nach Centimetern getheilt wurde in seine Mitte eingeschlagen und öfters abgelesen. Wir fanden am 24ten August Abends das Wasser 21 Centimeter hoch, vom 25. August bis 1. Sept. 29 Centimeter, vom 1. September bis 3ten 34 Centimeter, vom 3ten bis 6ten 35 Centimeter. Dieses Flüsschen hatte sich dabei ein so tiefes Rinnsal gegraben, dass auch bei dem höheren Wasserstande die Massen immer in einem gleichmässigen Verhältnisse zu den Pegelhöhen standen. Die Niveauveränderung dieses Baches, nicht der Ausdruck des localen Abschmelzens, sondern das Resultat vieler, fast von dem Firne herab kommender Zuflüsse waren dem Gange der Gletscherbewegung sehr analog.

Ein anderes Verhältniss, welches sehr wesentlich zu den Modificationen der Geschwindigkeit beiträgt, ist die Stellung der Beobachtungspuncte gegen die Quer- und Längendimensionen des Gletschers. Für die erstere kann uns als Typus die Linie *B* der Pasterze dienen, wenn wir für sie einige Mittelwerthe zusammenstellen, und dazu aus den vorhergehenden Tabellen nur jene Grössen auswählen, welche gleichzeitig, also unter gleichen atmosphärischen Umständen beobachtet wurden; da nur solche streng vergleichbar sind.

Bewegung der Pasterze. Differenzen der Puncte der Linie B.

	Beobachtungspunct.	Entfernung vom linken Ufer in Metern.	Schnelligkeit p. d. in Centimetern.	Verhältniss zu <i>m</i> = 1.	Verhältniss zu <i>n</i> = 1.
Längeder Linie <i>B</i> = 1204 Meter.	<i>b</i> ¹	79	6,7	0,4	0,24
	<i>b</i> ²	178	18,2	1,0	0,64
	<i>b</i> ³	203	22,8	1,3	0,81
	<i>b</i> ⁴	498	28,2	1,7	1,00
	<i>b</i> ⁵	630	24,4	1,4	0,87
	<i>b</i> ⁶	786	9,1	0,5	0,32
	<i>b</i> ⁷	823	8,4	0,5	0,30

m = Mittlere Schnelligkeit für diese gleichzeitigen Beobachtungen aus allen Puncten der Spalte 4 abgeleitet = 47 Cent. p. d.

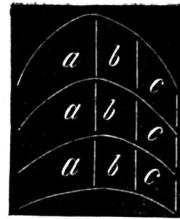
n = Grösste mittlere Schnelligkeit = jener von *b*⁴ = 28 Cent. p. d.

Die Bewegung nimmt hier vom Rande gegen die Mitte auf beiden Seiten zu. Allein die Schnelligkeit vom ersten zum zweiten Pfahle ist ungleich rascher als bei den übrigen. Die Mittelmoräne, d. i. in unserem Falle eine schmale Lage Firnes, welcher die Pasterze in einen deutlichen linken und rechten Theil trennt, nimmt fast die wahre Mitte des Gletschers ein, allein nicht auf ihr, sondern etwas seitwärts liegt das Maximum der Schnelligkeit, nämlich bei b^4 , dann folgt die Firnmoräne als der zweitschnellste Punct.

Der Fall, dass die Schnelligkeit nicht genau mit der Mitte zusammentrifft, darf uns nicht zu sehr überraschen; am Aargletscher findet dieses nach AGASSIZ ebenfalls theilweise statt. Auch die Ogiven, deren Form ja nur von der relativen Schnelligkeit ihrer einzelnen Puncte abhängt, weisen uns öfters darauf hin, dass das Maximum der Schnelligkeit auch etwas seitlich von der Mittellinie des Gletschers sich befinden kann. Da die Ogiven vom Firnmeere bis zum Gletscherthore allmählich in einander übergehen, und mit geringen Schwankungen an einer gegebenen Stelle aufs neue in derselben Form sich wiederholen, so dürfen wir wohl annehmen, dass von zwei aufeinanderfolgenden Ogiven die eine zu irgend einer vorausgegangenen Periode die Form einer weiter zurückliegenden hatte.

Die Abstände der Puncte zweier Ogiven parallel der Richtung der Bewegung, was für die meisten Fälle parallel der Längsachse des Gletschers ist, werden uns ein deutliches Bild ihrer relativen Schnelligkeit geben. So geschieht es, dass auf einem einfachen Gletscher das Spitzerwerden der Ogiven zeigt, dass die Mitte stets sich schneller bewegt, als die seitlichen Theile, indem die Distanz in b stets grösser wird als jene in a und c . Auch auf den zusammengesetzten Gletschern kommt es gewöhnlich vor, dass die Ogiven auf jedem einzelnen Zuflusse immer spitzer werden; und erst später sich zu einer gemeinschaftlichen Curve vereinen. Allein vergleichen wir die Abstände zwischen den einzelnen Theilen von zwei auf einander folgenden Ogiven, so ist es leicht zu erkennen, dass dessenungeachtet, das Maximum der Schnelligkeit in die gemeinsame Mitte aller Zuflüsse fällt; nur Ausnahmen sind es, wenn besonders grosse und dicke Zuflüsse das Maximum der Schnelligkeit etwas aus der Mitte verrücken. So ist es theilweise auf der Pasterze; doch lässt die unbedeutende Schnelligkeit der Signale b^6 und b^7 auf eine sehr geringe Mächtigkeit der Zuflüsse schliessen, auf denen sie sich befinden; auch wird diese Annahme hier noch dadurch unterstützt, dass diese Zuflüsse alle vor dem Absturze aufhören.

Fig. 40.



Ogivenabstände.

Für Puncte, die wir nach ihrer Stellung auf der Längsachse vergleichen, finden wir bei verschiedenen Gletschern weit weniger Uebereinstimmung als im Einflusse der Witterung oder als in den Veränderungen, welche durch ihre Stellung auf einer Querlinie bedingt sind. In dieser Frage werden auch die topographischen Verhältnisse sehr wichtig.

Die Beobachtung unserer 11 Puncte auf der Pasterze zeigte ausser den bisher entwickelten Gesetzen auch ein sehr deutlich ausgesprochenes Zunehmen der Schnelligkeit mit der Entfernung der Station von der Firnlinie, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht.

Gleichzeitige, mittlere Schnelligkeit der 11 Stationen auf der Pasterze.

Linie.	Punct der Beobachtung.	Entfernung vom linken Ufer in Metern.	Schnelligkeit für 24 Stunden in Centimetern.
Burgstall.	a^1	60	5,9
	a^2	169	11,1
Johannishütte.	b^1	79	6,7
	b^2	178	18,2
	b^3	203	22,8
	b^4	498	28,2
	b^5	630	24,4
	b^6	786	9,1
	b^7	823	8,4
Unterer Boden.	c^1	170	33,0
	c^2	412	43,0

a^2 , b^2 und c^1 befinden sich in ziemlich gleichen Entfernungen vom Ufer; ihre relativen Schnelligkeiten sind:

$$a^2 = 0,61$$

$$b^2 = 1$$

$$c^1 = 1,83$$

verbinden wir dieses Verhältniss mit der mittleren Schnelligkeit der Linie *B*, so erhalten wir eine durchschnittliche Geschwindigkeit auf der

Linie *A* = 10 Centimeter in 24 Stunden.

Linie *B* = 17 — —

Linie *C* = 31 — —

Obgleich diese Zahlen nur die untergeordnete Bedeutung von ganz allgemeinen Näherungswerthen haben, so ist ihr gegenseitiger Unterschied doch gewiss genügend, um uns auf die verschiedenen Schnelligkeiten der einzelnen Linien aufmerksam zu machen.

Eine ähnliche Vergleichung der Beobachtungsstationen am Hintereise zeigt aber ein deutliches Abnehmen der Schnelligkeit gegen das Ende.

An diesem sehr regelmässigen Gletscher des Oetzthales war die Schnelligkeit an der Linie *A* beim Kesselwandgletscher 12,2 Centimeter in 24 Stunden, während sie bei der Linie *B* in der Nähe des Gletscherendes gleichzeitig nur 7,7 Centimeter betrug; auch die Entfernung der beiden Signale vom Ufer war in *a* und *b* sehr nahe = 450 Meter¹⁾.

Den Grund dieser abweichenden Erscheinungen werden wir noch besser erkennen, wenn wir damit jene Beobachtungen vergleichen, die am Unteraargletscher und am Glacier des Bois beobachtet wurden.

1) Auch der Vernagt zeigt ein Abnehmen der Schnelligkeit gegen sein Ende. Doch darf man ihn nicht unmittelbar mit dem Hintereise vergleichen, da wichtige locale Verhältnisse auf seine Bewegung von grossem Einflusse sind. Wir werden diess später ausführlicher behandeln.

Die Stationen lassen wir dabei, wie auf der Pasterze, in der Reihe vom Firnmeere zum Gletscherende folgen:

FORBES erhielt Juli, August und September 1842 am Glacier des Bois folgende relative Schnelligkeiten¹⁾:

Station Taléfre.		
	E^1	0,674
	E^2	0,925
Station Couvercle und Tacul.		
Rechts	C	0,479
	B^1	0,574
Links	B^2	0,678
	B^3	0,722
Station l'Angle.		
	A	0,770

Station Montanvert.

D^2	1,000
D^3	1,398
D^4	1,375
D^5	
D^6	1,356

Der absolute Werth von $D^2 = 1,000$ ist 4579,8 engl. Zoll für die Zeit vom 27. Juni bis 17. Sept., = 19 engl. Zoll für den Tag oder 48 Centimeter²⁾.

(1 engl. Zoll. = 2,54 Centimeter.)

2) Auf dem Aargletscher fand AGASSIZ als Mittel der Sommerbewegung 21. Juli bis 24. September 1845:

Station de l'Hôtel³⁾.

Pfahl 12 Lauteraar = 7,3	} beide entsprechen in ihrer Lage zum Ufer unserem a^1 .
Pfahl 8 Finsteraar = 9,8	
Pfahl 9 Lauteraar = 14,4	} entsprechen a^2 .
Pfahl 7 Finsteraar = 13,5	

Station Brandlamm⁴⁾.

Finsteraar.						Lauteraar.					(Centimeter in 24 Stunden.)
Pfahl:	VII	VI	V	IV	III	II	I	II	III	IV	
Schnelligkeit:	6,8	9,0	13,7	14,2	15,5	16,4	16,6	16,8	17,1	14,3	10,0

Station Bärenitz⁵⁾.

Finsteraar.					Lauteraar.		(Centimeter in 24 Stunden.)
Pfahl:	V	IV	III	II	I	II	
Schnelligkeit.	5,0	6,7	7,2	7,4	8,8	7,6	

Gemeinschaftlich ist nach diesen Untersuchungen allen Gletschern, dass die Randstationen langsamer gehen als jene, die sich der Mitte nähern; allein während am Aargletscher und am Hintereise die untere Station die langsamste ist, sind die entsprechenden Linien am Glacier des Bois und an der Pasterze am schnellsten, ein Unterschied, der in den örtlichen Verhältnissen leicht seine Erklärung findet. Die beiden ersteren sind ohne

1) TRAVELS, 1st edit. S. 144. —

2) Ebendas. Seite 143.

3) *Système*. S. 454.

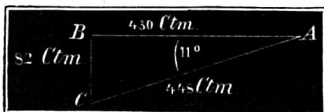
4) Ebendas. Seite 458.

5) Ebendas. Seite 461.

Unterbrechung in ihrer ganzen Entwicklung gleichmässig geneigt. Sie nehmen dabei nach unten fortwährend an Dicke ab; das constante Hinderniss der Reibung wird daher im Verhältniss zu ihrer Masse grösser, und die Bewegung in Folge davon langsamer. Am Glacier des Bois ist die Station Montanvert so gelegt, dass sie einer Linie vor dem Absturze entspräche; die grössere Schnelligkeit, mit welcher der Gletscher die bald folgende Thalsenkung hinaufsteigt, theilt sich auch diesem Punkte schon mit. Bei der Pasterze ist die Linie *C* des Unteren Bodens unter der Senkung bereits auf der tiefer liegenden Terrasse, aber der jähren Parthie noch ziemlich nahe; daher wirkt die erhaltene grössere Geschwindigkeit hier noch fort; Wasser würde sich nach einem solchen Sturze bald in dem ebenem Thale ausbreiten und gerade dadurch eine sehr geringe Schnelligkeit erhalten; auch das Eis breitet sich dort etwas aus, allein die einmal erhaltene Schnelligkeit ist noch weit länger von Einfluss.

Bei allen Erscheinungen, mit denen uns das Phänomen der Bewegung bekannt gemacht, haben wir bisher vorausgesetzt, dass die Richtung mit der Längsachse des Gletschers zusammenfalle; allein schon bei der Methode des Einvisirens wurde angedeutet, dass auch andere Richtungen möglich seien. Fälle dieser Art kommen vor, wenn der Gletscher aus einem engeren Thale austritt, und eine Erweiterung antrifft, wo es sich mit Sicherheit erwarten lässt, dass er sich seinem neuen Bette grossentheils anschmiegen wird. Ein sehr schönes Beispiel dieser Art bietet uns der Untere Boden; die Pasterze füllt alle Sinuositäten aus vom grünen Thore bis zum Pfandelthale. Die Querbewegung wurde hier gemessen nicht weit vom Eintritte des Baches unter den Gletscher an dem Blocke *c*¹ dieser Station. Wir wissen, dass seine Bewegung in der Richtung der Glet-

Fig. 50.



Bestimmung der Seitenbewegung.

scherachse *AB* in Figur 50. vom 26. August bis 8. September 430 Centimeter betrug, was für 24 Stunden 33 Centimeter ergibt. Durch eine zweite Visionslinie bemerkten wir an demselben eine seitliche Abweichung von $10^{\circ} 50'$. Da diesem Winkel eine Tangente entspricht $= 0,191$, so war seine totale Entfernung von der Längsachse $(BC) = 430 \cdot 0,191 = 82,13$ Centimeter. Sie verhielt sich zur Bewegung parallel der Längsachse fast wie 1 : 5. Die Strecke, welche der Block in der wahren Richtung seiner Bewegung zurückgelegt hatte (*AC*), betrug
$$\frac{430}{\cos 10^{\circ} 50'} = \frac{430}{0,982} = 448 \text{ Centimeter.}$$

Ein zweiter Fall des Abweichens aus der Richtung der Längsachse des Gletschers wurde am Hintereise, beobachtet. Der Block *b*¹ hatte sich vom 30. August bis 21 September um 168 Centimeter, oder um 7,66 in 24 Stunden bewegt. Seine seitliche Abweichung betrug 16° . Seine Entfernung von der Gletscherachse während der Zeit der Beobachtungen war $168 \cdot \text{tg } 16^{\circ} = 168 \cdot 0,287 = 48,2$ Centimeter. Sie verhielt sich zur Bewegung parallel der Längsachse $= 5 : 17 = 1 : 3,4$. Die Strecke *AC* betrug

$$\frac{168}{\cos 16^{\circ}} = \frac{168}{0,964} = 175 \text{ Centimeter.}$$

In diesen beiden Fällen war die seitliche Richtung ein Entfernen von der Gletscherachse. Allein es kommt auch der umgekehrte Fall vor, dass nämlich die Punkte von der geraden Richtung abweichen, um sich der Mittellinie des Gletschers zu nähern. Diess lässt sich zuweilen manchmal sehr deutlich beobachten, wenn bedeutende Moränen in der Nähe sind; einzelne Theile derselben bedecken dann den Gletscher in grosser Breite und bilden jene Schuttlagerungen, die wir schon früher als Moränenfetzen bezeichnet haben. Sie finden sich an der Pasterze oft sehr ausgedehnt. Der längste, den wir massen, war am linken Ufer in der Nähe der Johannishütte; er hatte 150 Meter Länge. Diese Richtung der Bewegung gegen die Mitte ist sehr verbreitet. Sie lässt sich dadurch erklären, dass bei der grösseren Schnelligkeit der centralen Theile eine Leere in der Mitte entstehen würde, wenn nicht die seitlichen Parthien beständig beitrügen, dieselbe zu ersetzen. Ganz analog ist auch der Fall, dass ein Holz am Rande eines Flusses nicht nur stromabwärts schwimmt, sondern zugleich der Mitte immer mehr genähert wird.

Die Bewegung hängt mit der Temperatur und der Feuchtigkeit so innig zusammen, dass schon diess verschiedene Perioden ihrer Grösse erwarten lässt. Auch jener Umstand spricht dafür, dass die Summe der jährlichen Bewegung stets kleiner ist, als die Grösse, welche sich aus den Sommerbeobachtungen für das ganze Jahr folgern liesse.

Als ein Typus der jährlichen Bewegung möge folgendes Beispiel gelten: AGASSIZ¹⁾ gibt für die Station l'Hôtel 1845 und 1846:

Zeit der Beobachtung.	Relative Schnelligkeit.	Absolute Schnelligkeit in Centimetern p. d.
I 21. Juli — 23. September	1,31	21
II 23. Sept. — 11. Januar	1	16
III 11. Jan. — 17. April	1,44	23
IV 17. April — 29. Juni	2,12	34

Die Periode der grössten Beschleunigung fällt demnach in die Zeit, in welcher sich das Schmelzwasser des Alpenschnees mit dem Auftreten der ersten Sommerwärme verbindet. Die grösste Schnelligkeit, die bis jetzt auf einem Gletscher beobachtet wurde, hat FORBES²⁾ vom Glacier des Bois mitgetheilt. Sie fand vom 4 — 18. Juli 1845 statt, etwas unterhalb Le Chapau, unter der Senkung also, die dem Unteren Boden der Pasterze entspricht. Sie war 52 Zoll engl. = 132 Centimeter in 24 Stunden. Am Glacier des Bois tritt das Maximum etwas später ein als am Aargletscher, das Maximum fällt in den November und December³⁾. Die Schnelligkeit des Herbstes kommt an allen Gletschern jener des Jahresmittels am nächsten. Eine Grenze für die Schnelligkeit der Bewegung lässt sich wohl kaum mit Sicherheit bestimmen; 30 bis 40 Centimeter sind Grössen, die an Gletschern erster Ordnung nicht selten vorkommen. Diese Verhältnisse benutzend, wollen wir noch

1) *Système* S. 477.

2) FORBES *Illustrations of the viscous Theory of glacier motion*. *Philos. Trans.* 1846. S. 443.

3) *TRAVELS* S. 451.

einmal auf die Blöcke der Pasterze zurückkommen, und in Näherungswerthen die Zeit angeben; welche sie zu ihrer Ortsveränderung im Grossen bedürfen. Sind auch Zahlen dieser Art ohne absoluten Werth, so gewähren sie doch in ihrer Zusammenstellung einiges Interesse, indem sie uns ein lebhaftes Bild der Bewegung in grösseren Perioden entwerfen. Der Block a^2 der Linie *A* bewegt sich jetzt mit einer Schnelligkeit von 11 Centimetern im Tage; seine Entfernung bis zur Johannishütte beträgt etwas über 1800 Meter, er bedürfte daher 50 Jahre um diesen Weg zurück zu legen, selbst wenn er diese Schnelligkeit behielte. Allein er kommt bald nach dem Aufhören des Zuflusses der Wasserfallgletscher (Zufluss I) zur Seitenmoräne (St. M.), welche im Mittel mehrerer Beobachtungen bei der Johannishütte höchstens 4 Centimeter Bewegung hat; er wird demnach von hier bis zum Absturze mehrere hundert Jahre bedürfen.

Eine ganz andere ist die Bewegung eines Blockes am rechten Ufer. Jener schöne Block der zur Moräne KB^1 gehört und sich über der Burgstalllinie befindet, wird in etwas mehr als 50 Jahren die Linie *B* erreichen, und so am Anfange des zwanzigsten Jahrhunderts die Stelle des Blockes b^6 einnehmen; von seinem jetzigen Standpunkte bis zum Absturze bedarf er ungefähr 90 Jahre, wobei die Schnelligkeit im unteren Drittheil noch etwas grösser angenommen wurde. Von der Schnelligkeit im Centrum, welche besonders in der Nähe des jähen Absturzes sehr gross ist, kann derselbe nie ergriffen werden, da die Moräne, welcher er jetzt angehört, bald unter der Johannishütte sehr weit gegen das rechte Ufer hinausrückt, und nahe dem Absturze ganz zur Randmoräne wird. Ueber den Absturz gelangen, wie wir schon früher erwähnten, nur wenige Theile der Moräne im regelmässigen Transporte¹⁾.

Auch die secundären Gletscher haben eine Bewegung, aber eine weit langsamere. Man findet bei ihnen dieselbe Abhängigkeit von der Temperatur, dieselben Gegensätze des Randes und der Mitte wie bei Gletschern erster Ordnung. Aber Alles ist hier wegen der geringeren Bewegung im allgemeinen in etwas engere Grenzen eingeschlossen.

Die Schnelligkeiten einzelner secundärer Gletscher differiren unter sich noch weit mehr als jene der grösseren, da bei ihnen die Dicke und die Neigung der Unterlage so sehr wechselnd ist. Einzelne Beobachtungen haben daher an diesen wenig Werth. Nur der Vernagt verdiente wegen seiner Oscillationen unsere Aufmerksamkeit; seine Schnelligkeit, welche geringer ist als jene grösserer Gletscher, haben wir schon früher mitgetheilt.

Ein anderer secundärer Gletscher, der den Typus seiner Gattung deutlicher als der Vernagt zeigt, ist ebenfalls hier wegen seiner Bewegung zu erwähnen; es ist diess der Weissbachgletscher im Fuschthale. Derselbe liegt so unmittelbar am Rande eines Abhanges, dass die geringste Bewegung einzelne Theile desselben über die abschüssige Felsenwand hinausführt, die oft in grösseren Massen abbrechen, ein Phänomen, welches

1) Zwei unserer Beobachtungspunkte, die grossen Blöcke a^1 und b^6 werden sich wohl noch länger erhalten. Die Lage ist auf unserer Karte der Pasterze für diese so wie für alle übrigen Beobachtungspunkte so eingetragen, wie sie bei dem Beginne der Beobachtungen standen.

sich bei vielen secundären Gletschern findet, aber kaum bei irgend einem zweiten mit solcher Regelmässigkeit. Der Sturz der Gletschermassen erfolgt gewöhnlich mehrmals des Tages und hängt, was im ganzen Thale bekannt ist, aufs innigste mit der Feuchtigkeit der Atmosphäre zusammen. Ja ein häufiges »Keesfahren«, Originalname dieses Phänomens in der Fusch, gilt sogar allgemein als ein Zeichen feuchten Wetters und als Vorbote von Regen. Im August 1848 zählten wir in 3 Stunden 11 Abbrüche, die sich durch ihr Donnern auf grosse Entfernung bemerkbar machen. Im Winter ist diese Erscheinung sehr selten, tritt aber gewöhnlich bei dem ersten Thauwetter wieder ein.

Weniger regelmässige Stürze von Gletschermassen lassen sich in den Alpen öfters an secundären Gletschern beobachten. Am Kamme des Grossglockners gegenüber der Johannis-hütte befanden sich sehr viele secundäre Gletscher, welche wir mit unserem Fernrohre ihrer ganzen Ausdehnung nach untersuchen konnten. Bei feuchtem Wetter war es nicht selten, dass viele Stücke derselben sich lostrennten, und unter gewaltigem Gepolter auf die Pasterze hinabrollten. Dieses Geräusch, in der Todtenstille jener Höhe unbeschränkt sich verbreitend, macht einen grossen unvergesslichen Eindruck. Gelingt es noch früh genug, mit dem Fernrohre die Stelle des Lostrennens zu finden, so sieht man grosse Massen über die jähen Abhänge der nächsten Wände sich herabstürzen; die grösseren Stücke eilen bei weitem vor, machen Sätze über die Terrassen, welche ihnen begegnen, und kommen unter einem zweiten, langanhaltendem Donner in der Tiefe an, während die kleineren Massen weit zurückbleiben, und noch einige Minuten nachher eine Wolke weissen Staubes zurücklassen.

Auch Firn bricht bisweilen in grossen Massen herab; doch ist das Geräusch seines Falles gleichmässiger und länger anhaltend. Einen schönen Firnbruch beobachteten wir am 25. September 1847 an den Abhängen des Orles; der in Körner aufgelöste Firn floss unter beständigem lautem Hallen mehrere Minuten lang gleich einem ausgedehnten Wasserfalle über die nächsten Felsen herab. Doch sind solche Firnmassen ebenso wie die abbrechenden Stücke secundärer Gletscher nur klein gegen das Zurückbleibende; nicht der ganze Gletscher ist es etwa, der sich plötzlich herabsenkt, sondern nur überhängende, durch allmähliche Bewegung vorgeschobene Theile. Dass auch die secundären Gletscher nicht regellos durch Gleiten auf der Unterlage sich bewegen, zeigt unter Anderem schon der Umstand, dass sie oft auf steilen Neigungen von 20 bis 30° sich erhalten.

Solche herabfallende Stücke von Eis und Firn füllen ebenso wie die Lawinen sehr häufig die Eistrinnen aus. Nur in wenigen Fällen vereinen sie sich aufs neue zu compactem Eise und bilden Ogiven u. s. w. Ein besonders ausgezeichnetes Beispiel für einen solchen aufs neue gebildeten Gletscher (*glacier remanié*) ist der Schwarzwaldgletscher zwischen Meyringen und Grindelwald¹⁾.

Die Schneemassen, welche sich auf den Abhängen als Hochschnee beständig erhalten, ebenso wie jene, die man am Anfange des Sommers an niedrigeren Puncten sieht,

1) AGASSIZ Etudes S. 144.

4) dass der Gletscher sich im Winter gar nicht bewege, weil zu der Zeit kein flüssiges Wasser vorhanden ist, welches als bewegende Kraft auftreten könnte; 5) dass der Rand, als die dünnere, der Kälte in grösserer Tiefe zugängliche Masse sich schneller bewege als die Mitte. Wir sahen, dass gerade diese Folgesätze es sind, welche am entschiedensten von späteren Beobachtungen berichtigt wurden. Allein auch die Haarspalten und Körnergrenzen können keineswegs jene dominirende Rolle übernehmen, welche die Dilatationstheorie ihnen zuschreibt, da sie sich in ihren grossen Massen nur auf sehr geringe Tiefen erstrecken. Noch wichtiger wird der Umstand, dass Wasser von 0° nicht durch ein Minimum der Temperaturveränderung in Eis von 0° verwandelt werden kann, da die latente Wärme des Wassers 79° C. beträgt¹⁾.

Diese Umstände machten eine neue Erklärungsweise nöthig. Die zunehmende Schnelligkeit von den Rändern gegen die Mitte, die Fähigkeit des Gletschers, den Erweiterungen eines Thales sich anzuschliessen, und selbst durch engere Parthien desselben seine ganze Masse hindurchzudrängen, waren es vorzüglich, welche den Gang des Gletschers mit der Bewegung einer halbflüssigen Masse vergleichen liessen. FORBES, der auf diese Verhältnisse zuerst aufmerksam macht, hat auch auf experimentellem Wege durch die früher erwähnten plastischen Massen nachgewiesen, dass die Formen der Ogiven und die Vertheilung der Schnelligkeit in der Masse des Gletschers mit dieser Ansicht einige Uebereinstimmung zeige. Auch AGASSIZ hat in dem Systeme glaciaire unter dem Namen Plasticität eine ähnliche Eigenschaft des Gletschers bezeichnet.

Wir haben schon früher (Cap. I.) die Gründe zusammengestellt, welche uns dagegen zu sprechen scheinen, das Eis als halbflüssig oder als plastisch im gewöhnlichen Sinne des Wortes (wie erwärmtes Wachs etc.) anzunehmen. Jedoch dürften die Erscheinungen der Bewegung ihre Erklärung, wohl ähnlich den Formveränderungen einer plastischen Masse, durch eine Verschiebbarkeit der Theile finden, wobei jedoch vor allem die Mächtigkeit des aufgehäuften Materials und die feine Zersplitterung in Folge der grossen Sprödigkeit von Bedeutung ist. Das Eis zeigt alle Eigenschaften eines festen Körpers so entschieden, dass wir diesen Begriff gewiss von ihm nicht trennen dürfen²⁾.

Wir müssen noch den Gang des Gletschers in den verschiedenen Epochen des Jahres betrachten. Derselbe ist im Sommer schneller als im Winter; nicht der directe Einfluss der Wärme, sondern die Menge des erzeugten Wassers scheint dabei die wesentlichste Rolle zu spielen. Ebenso können reichliche atmosphärische Niederschläge seinen

1) Nach den neueren Untersuchungen von DE LA PROVOSTAYE und Desains und jenen von REGNAULT = 79,25° C. Vergl. Pogg. Ann. Bd. 62. S. 30 ff. und 42 ff.

2) Es läge nahe, den Gletscher etwa in dem Sinne plastisch zu nennen, dass seine Masse aus einem Gemenge von Gletscherkörnern und Wasser, nicht unähnlich einem Schlammstrome bestehe; allein diess ist durchaus nicht der Fall, da sich die grosse Körnerbildung nur wenig von der Oberfläche entfernt, und unter dieser Lage ein entschieden festes Eis nur von zerstreuten kleinen Canälen durchzogen sich findet. Ausser den Infiltrationsversuchen spricht dagegen auch die Entstehung der Spalten, Bänder u. s. w., Erscheinungen, die in einer schlammähnlichen Masse unmöglich wären.

Gang auch an Tagen von geringer, mittlerer Temperatur sehr beschleunigen. Das Wasser, welches in den Haarspalten die oberen Theile und in mehr vereinzeltten Canälen auch das Innere des Gletschers erreicht, nimmt jetzt den Raum ein, der früher nur von Luft erfüllt war; daher wird der Gletscher relativ schwerer und dadurch fähig, die Hindernisse der Reibung leichter zu überwinden.

Die Grösse der Reibung hängt wesentlich damit zusammen, ob der Gletscher fest an den Boden angefroren ist oder nicht. Die Temperatur des Bodens, welche wir¹⁾ in der Nähe der Gletscher, in den Höhen von 6000 bis 8000 Fuss zwischen 4 und 2,5° C. fanden, spricht entschieden dagegen. Selbst im Winter ist der Einfluss der Luft durch die mächtige Eisdecke so sehr abgeschnitten, dass nur wenig Schwankungen statt finden werden. Allein die directen Untersuchungen können sich nur auf die Umgebungen des Gletschers, nicht auf jene Theile erstrecken, welche vom Eise unmittelbar bedeckt sind. Die Bodentemperatur ist aber ausser der Eigenwärme der Erde, die mit der Entfernung vom Centrum abnimmt, in den oberflächlichen Theilen wenigstens, auch von dem Einflusse äusserer Temperatur nicht unabhängig; eine Oberfläche, die beständig mit Eis von 0° in Berührung ist, wie die Sohle des Gletschers, wird demnach gewiss eine etwas niedrigere Bodentemperatur als die eisfreien Umgebungen annehmen; doch kann daraus nicht folgen, dass der Gletscher angefroren sei, weil dazu eine Erkältung des Bodens weit unter 0° vorausgesetzt werden müsste. Gelingt es uns auch bisweilen, durch Höhlungen, besonders in der Nähe der Gletscherthore, unter das Eis einzudringen, so lässt sich doch nur selten über die Frage entscheiden; denn das Eis liegt jedenfalls so fest an dem Boden an, dass es keinen Zwischenraum übrig lässt. Bei festem Gestein ist diess dem Anscheine nach so gut wie angefroren, nur in Geröll oder Sand können wir darüber urtheilen, weil dann im letzteren Falle eine solche Unterlage, bis zu einer Tiefe von einigen Centimetern wenigstens, selbst in eine durch Eis zusammengebackene Masse verwandelt sein müsste. Wir hatten einige Male in den Höhlen des Marcellgletschers und der Pasterze Gelegenheit Eis auf Sand liegend zu finden; allein der letztere war stets lose und liess sich unter dem Eise entfernen, so dass der Gletscher nicht als an den Boden angefroren betrachtet werden konnte. Ein bedeutendes Abschmelzen des Eises durch die Erdwärme kann jedoch ebenfalls nicht stattfinden, da es selbst für Paris, nach ELIE de BEAUMONT nur 6,5 Millimeter betragen könnte²⁾.

1) Vergl. Cap. XI und POGGENDORFFS Annalen 1848. Bd. 77. Seite 305 — 356.

2) LEONHARD Jahrbuch 1842. Seite 855.

Resultate.

- 1) An allen Gletschern bewegt sich der Rand schneller als die Mitte.
 - 2) An den regelmässigsten Gletschern ist die Schnelligkeit nahe dem Ende geringer als an den höhergelegenen Theilen; allein Unregelmässigkeiten der Thalsole, Senkungen oder grössere Mulden haben grossen Einfluss auf die Veränderungen der Geschwindigkeit.
 - 3) Das Maximum der Schnelligkeit fällt in die ersten Sommermonate; die Schnelligkeit des Herbstes kommt an allen Gletschern dem Jahresmittel am nächsten.
 - 4) Eine Bewegung von 30 bis 40 Centimetern in 24 Stunden kommt an einzelnen Stellen aller grösseren Gletscher vor; das absolute Maximum, was bisher (von FORBES am Glacier des Bois) beobachtet wurde, betrug 132 Centimeter den Tag.
 - 5) Die Richtung der Bewegung fällt in der Regel mit der Längsachse des Gletschers sehr nahe zusammen; jedoch können auch, durch locale Verhältnisse bedingt, seitliche Abweichungen sowohl gegen den Rand als gegen die Mitte statt finden.
 - 6) Kleinere Gletscher (also vor allem die secundären) bewegen sich langsamer als grössere, weil bei geringerer Dicke des Eises der Einfluss der Reibung sich mehr geltend macht.
 - 7) Das Eis ist überall, wo wir denselben begegnen, ein fester, selbst spröder Körper. Die Phänomene der Bewegung am Gletscher scheinen mit der Verschiebbarkeit der Eismassen im Grossen zusammenzuhängen, welche durch die feine Zersplitterung derselben in Folge ihrer Sprödigkeit, des bedeutenden Druckes und der Reibung an der Unterlage bedingt wird. Die Schnelligkeit der Bewegung wird durch die Neigung der Unterlage und durch die verticale Höhe des Eises, auf welche sich der hemmende Einfluss der Reibung vertheilt, wesentlich verändert.
 - 8) Wärme, oder bedeutende atmosphärische Niederschläge beschleunigen die Bewegung, indem durch das Eindringen des (Schmelz- oder Regen-) Wassers in die Canäle das absolute Gewicht des Gletschers vermehrt wird.
 - 9) Die Bewegung erleidet zwar durch die Reibung des Eises an der Unterlage eine bedeutende Verzögerung; jedoch ist der Gletscher gewöhnlich nicht an den Boden festgefroren.
-

CAP. VI.

Oscillationen.

Eintheilung. Einfluss der Temperatur. Beobachtungen im Oetzthale: Marcellgletscher. Hintereis. Vernagt. Beobachtungen an der Pasterze. Zusammenstellung der Oscillationen mehrerer kleiner Gletscher. Einfluss der Schutthanhäufungen. Aargletscher. Die Perioden des Leitergletschers. Einfluss der Unterlage. Die Oscillationen des Vernagt. Historische Daten.

Die Oscillationen der Gletscher, d. h. die Veränderungen ihrer absoluten Grösse lassen sich in drei Gruppen bringen:

- 1) Oscillationen von den Schwankungen der Temperatur abhängig;
- 2) Oscillationen durch Schneeanhäufung und Moränenbildung bedingt;
- 3) Das unregelmässige Vordringen einzelner Gletscher.

Einfluss der Temperatur.

Die Bewegung der Gletscher wird zwar durch die Temperatur eines wärmeren Sommers etwas beschleunigt, allein die Abtragung des Eises wird gleichzeitig so rasch vermehrt, dass der Stand des Gletscherendes, die Differenz aus der Bewegung und dem Abschmelzen, nicht unverändert bleiben kann. In kühlen Sommern dagegen wird das Ende etwas vorrücken, weil das Schmelzen nicht hinreicht, die Massen zu zerstören, welche durch die Bewegung gegen das Ende hingedrängt werden¹⁾. In besonders extremen Jahren können sich solche Oscillationen auf alle Gletscher der Alpen erstrecken. Dahin gehört das fast allgemeine Vorrücken in den Jahren 1816 und 1817, welche durch ihre geringe Wärme, ihre feuchten Sommer und ihre Unfruchtbarkeit so bekannt geworden sind. Beinahe eben so verbreitet war das Kleinerwerden der Gletscher im Jahre 1822. Die ältesten, durch nasskalte Sommer bedingten Oscillationen, die wir mit Sicherheit

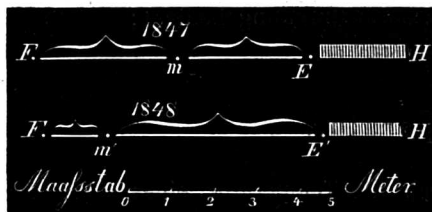
1) Für das erstere hat man in der Schweiz die Bezeichnung der Gletscher »schwynt«, für das zweite »er stösst«.

kennen, sind jene der drei Jahre 1608, 1609 und 1610; eine zweite Periode war 1710, eine dritte 1771; alle zugleich durch Misswachs und Theuerung ausgezeichnet¹⁾. Auch Jahre die weniger extrem sind, machen sich im Stande der Gletscherenden bemerkbar.

Die nicht unbedeutende Differenz der Sommertemperatur von 1847 und 1848 war uns ebenfalls günstig, die Oscillationen einiger Gletscher bei unserem zweimaligen Besuche des Oetzthales kennen zu lernen. An mehreren Gletschern wurden im Herbste 1847 Pflöcke hinterlassen, welche den Stand derselben dadurch bezeichneten, dass wir ihre Entfernung vom damaligen Gletscherende massen. Sie unmittelbar an dem Ende einzuschlagen, wäre nicht vortheilhaft gewesen, da die Bewegung des Winters, von keinem Abschmelzen im Gleichgewicht gehalten, jedesmal ein Vorrücken hervorbringt, was die Marken sicher zerstört hätte. Der Marcellgletscher, der erste, den wir wieder besuchten, hatte im Laufe des Sommers sehr merkbliche Veränderung erlitten. Er stand, von dem Pflöcke auf der linken Seite um 11,6^m ab, während er ein Jahr früher, um 8,2^m davon entfernt war. Er hatte demnach vom 17. September 1847 bis 20. September 1848 sein Ende um 3,4^m zurückgezogen. Da im Herbste 1847 nur wenig warme Tage nach unserer Beobachtung folgten, so trifft die ganze Veränderung auf Frühling und Sommer 1848. Wir bemerken hier noch, dass das Ende des Gletschers ziemlich stark mit Moränenmasse bedeckt ist, ein Umstand, der uns später noch wichtig wird.

Bedeutende Schwankungen zeigte das Hintereis. Zwei Punkte konnten hier der Messung unterworfen werden; der Gletscher endet zwar ebenfalls ziemlich steil und

Fig. 51.



Oscillationen des Hintereises.

F = Felsen.

m } = Stand der Moräne und des Eises 1847.

m' } = Stand der Moräne und des Eises 1848.

H = Hintereisgletscher.

schmal, allein auf der linken Seite sind einige Felsen so gestellt, dass auf diesen, etwa 8^m höher als das wahre Ende, ein Theil des Eises ruht, eine Stelle, an welcher sich sehr leicht eine kleine Moräne bildet. Im Jahre 1847 war eine solche 3,4^m vom Eise entfernt. Da diese Moräne sehr zuverlässig den tiefsten Stand des Gletschers, ähnlich dem Maximumschwimmer eines Thermometrographen, anzugeben schien, so massen wir sorgfältig ihre Entfernung von einer wohlmarkirten Stelle des kahlen Felsens; sie betrug 3,4 Meter. 1848 war die Moräne dem Felsen näher gerückt um 1,8^m, vom Eise aber war ihre Entfernung 4,8 Meter.

Diese Data erlauben folgende Schlüsse zu ziehen: 1) Der Gletscher rückte während der Periode in welcher kein Abschmelzen statt fand, im Winter 1847/48 um $3,4 + 1,8 = 4,9$ Meter vor, da er seine Moräne wieder erreichte und sie noch um 1,8

1) HEGTSCHWEILER Reisen in den Gebirgsstock zwischen Glarus und Graubünden, Zürich 1825. S. 41. ff., theilt diese Oscillationen mit aus älteren Chroniken von TRÜMP und REBMANN »Gespräch zwischen dem Stockhorn und Niesen« 1608.

Meter dem Felsen näher schob. Da wir diesen Zeitraum ungefähr 200 Tagen gleichsetzen können, so betrug das Vorrücken unmittelbar am Ende 2,5 Centimeter in 24 Stunden.

2) Im Sommer dieses Jahres war die Differenz zwischen dem Winter- und Sommerstande des Gletscherendes ungleich grösser. Während sie im Sommer 1847 nur 3,1^m betrug, hatte sie 1848 4,8^m erreicht, denn um so viel fanden wir am 22. September das Gletscherende von der theilweis neu gebildeten Moräne zurückgewichen. Für eine wärmere Periode von beiläufig 120 Tagen, machte diess 4 Centimeter im Tage. Der Stand des Eises war dabei am Ende des Sommers 1847 und 1848 beinahe derselbe. Am Gletscherthore selbst, etwas tiefer als an den angeführten Punkten, war die Oscillation für das Jahr 1848 ein Zurückweichen von 3,8 Meter, von der kleinen Moräne die sich auch dort befand. Am Vernagt konnten wir den Einfluss der verschiedenen Sommertemperatur auf die Dicke des Gletschers untersuchen, was den Oscillationen am Ende sehr analog ist; die letzteren unmittelbar zu bestimmen, war nicht möglich, weil eine grosse Lawine im Jahre 1847 das eigentliche Ende des Gletschers umgab und unzugänglich machte. Nach einem Signale am linken Ufer, welches 1847 mit dem höchsten Punkte des Gletschers genau in einer horizontalen Linie lag, war er im Sommer 1848 um 7 bis 7,5 Meter niedriger.

Im Jahre 1847 (Sept.) stand der Vernagt bei A, im Jahre 1848 bei B. Die Form eines Durchschnittes jenes Theiles vom Ufer, welches dadurch entblösst war, gibt die Linie ACB. AC hatte eine Länge von 46 Metern bei 60° Neigung; BC hatte 44 Meter bei 20° Neigung; daraus folgt, dass der Vernagt an senkrechter Höhe abgenommen habe um:

$$A d' = \sin 60^\circ \cdot AC = 0,87 \cdot 46 = 13,9 \text{ Meter.}$$

$$d' D = \sin 20^\circ \cdot BC = 0,34 \cdot 44 = 3,7 \text{ -}$$

$$A d' + d' D = A D = 17,6 \text{ Meter.}$$

Berechnen wir auf ähnliche Weise sein Zurückweichen in horizontaler Richtung, was uns in der Zeichnung durch BD gegeben ist, so finden wir:

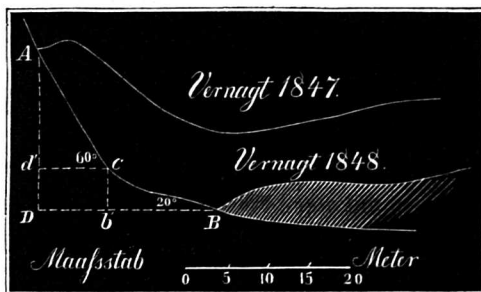
$$B b' = \cos 20^\circ \cdot BC = 0,94 \cdot 44 = 10,3 \text{ Meter.}$$

$$b' D = \cos 60^\circ \cdot AC = 0,50 \cdot 46 = 8 \text{ -}$$

$$B b' + b' D = B D = 18,3 \text{ Meter.}$$

Diese Resultate sind allerdings grösser als die Abtragung des Eises näher gegen die Mitte des Gletschers, z. B. an der Randseite der Figur 52, (sie betrug dort nur 7 Meter); allein wir müssen bedenken, dass im zweiten Falle eine Gletschermasse zu zerstören war, die nicht nur einen 7 Meter höheren Standpunkt, sondern eine wirkliche Dicke von 7 Metern hatte, während sie hier am Ufer der Gletscher selten dicker als 3 bis 4 Meter war, und den aufwärts steil ansteigenden Ufern, mit einer sehr merklichen Neigung folgte.

Fig. 52.



Oscillationen des Vernagt am linken Ufer.

Fig. 53.



Linke Seite des Vernagtletschers.

a. Wände von grossen Querspalten. *b.* Auf Plattei. *c.* Polirte Felsen. *d.* Stand des Gletschers im Jahre 1847.
e. Im Jahre 1848. *f.* Theile der Seitenmoräne.

Fig. 53 gibt die Form des Gletschers von 1847. Da er stets in so unmittelbarer Berührung mit dem Felsen bleibt, so bedecken sich seine Randtheile mit losgerissenen Stücken von Geröll und Rasen, die oft als Moränenfetzen noch weit auf das Eis hereinreichen. Im Jahre 1848 war er bis zur Linie *e* zurückgewichen: bei *c*, und an manchen Stellen noch etwas höher, fanden wir polirte Felsen, die für frühere, noch grössere Oscillationen sprechen.

Die Gletscher des Oetzthales haben fast alle durch eine eigenthümliche Thalbildung, Gelegenheit, einem höher herabfliessendem Wasser den Weg zu versperren, und dadurch grosse Ueberschwemmungen herbeizuführen. Diess gibt ihren Oscillationen für das Oetzthal auch eine practische Wichtigkeit. Der Pfarrer von Vent, Herr Franz ARNOLD, veranlasste uns, einige Punkte zu fixiren, die als Anhaltepunkte für die Oscillationen dienen konnten. Wir bezeichneten demnach vier Punkte durch Pfähle oder Marken an Felsen, an welchen die Oscillationen beobachtet werden können¹⁾.

Nahe dem Ausgange der Pasterze auf der Margaritze wurden drei Pfähle am 26. August aufgestellt und am 8. Sept. wieder untersucht. Die zwischen beiden Beobachtungen verflossene Zeit war $12^d\ 22^h = 310^h$.

Folgende Tabelle enthält die Resultate.

¹⁾ Die ausführliche Angabe ihrer Lage und ihrer Entfernung von den betreffenden Gletschern haben wir in Vent zurückgelassen; wir übergehen sie hier, da sie nur locales Interesse haben kann.

*Stand der Pasterze auf der Margaritze.**a. Messungen.*

Nummer des Pfahles.	Entfernung vom Eise am 26. Aug.	Entfernung am 8. Sept.	Differenz beider Stände.
I	187 Ctm.	406 Ctm.	219 Ctm.
II	513 —	903 —	392 —
III	396 —	475 —	79

b. Folgerungen.

Nummer des Pfahles.	Zurückgegan- gen für eine Stunde	Zurückgegan- gen für einen Tag.	Verhältnis zu II $II = 1$.
I	0,70	16,9	0,56
II	1,26	30,2	1
III	0,23	6,1	0,20

c. Horizontale Entfernungen.

I von II = 3,45 Meter.

links.

III von II = 4,68 Meter.

rechts.

Man sieht daraus, dass in diesem Jahre die Margaritze den Verlust des Abschmelzens durch ihr Vorrücken, wenigstens an der von uns beobachteten Stelle nicht ersetzen konnte. Man wird vielleicht darüber erstaunen, wenn man sich der grossen Schnelligkeit erinnert, welche wir bei unseren Messungen über die Bewegung des Unteren Bodens gefunden haben; allein wir erwähnten schon früher, dass die Linie C von dem Ende des Gletschers etwas entfernt war, und dieses selbst viel langsamer sich bewegen muss. Dass die mittlere Stelle gegenüber dem Pfahle II am meisten an Masse verloren hatte, hing damit zusammen, dass gerade hier die Bewegung langsamer war als seitlich, wo die letzten Ausgänge der Pasterze in schmalen, stark geneigten Streifen sich in das Möllthal hinabziehen. Den Einfluss des kühlen Sommers 1847 konnte man an einer anderen Stelle auch für die Pasterze erkennen, nämlich am See am grünen Thor, den wir auch 1846 besucht hatten. Im Jahr 1847 war der Gletscher so weit vorgerückt, dass das Wasser des Sees mächtig über die gewöhnlichen Ufer gedrängt wurde, obwohl die Masse Schmelzwasser gerade in diesem Jahre geringer war. Sein Maximum liess sich an den Zerstörungen einer kleinen Mauer erkennen, welche früher als Ziegenpferch gedient hatte.

Die vorhergehenden Versuche im Oetzthale und auf der Pasterze sind so vertheilt, dass sie die grossen Differenzen deutlich machen, welche sich in dem Abschmelzen und Zurückweichen der Gletscher ergeben müssen, je nachdem der nächste Punkt des Eises grössere oder geringere Dicke zeigt. Das Hintereis und der Marcellgletscher welche ein Zurückschreiten von 3,8 und 3,4 Metern zeigten stimmen sehr gut überein; die Beobachtung an beiden war am Gletscherthore gemacht, wo der Gletscher als eine jäh abgedachte, compacte Eismasse endet. Die Standorte am Vernagt und der Pasterze haben gemeinschaftlich, dass sie Parthieen des Eises betrafen, die nur dünn über Felsen gelagert waren, wobei sich dem Einflusse der Wärme weit geringere Massen entgegensetzten. Das Maximum des Abschmelzens zeigt die Pasterze, weil an schönen Sommertagen die Beobachtungen angestellt wurden. Man sieht, wie sehr man irren würde, wenn man das Zurückweichen der Gletscher an willkürlich gewählten Punkten beobachten und vergleichen wollte.

Am besten wählen wir dazu das wahre Ende des Gletschers. Wir versuchten solche Daten an mehreren Gletschern, welche wir in zwei verschiedenen Jahren besuchten, dadurch zu erhalten, dass wir den Abstand des festen Eises von den Endmoränen bestimmten. Wir erhielten so die Grössen, um welche der Gletscher von seinem Maximum des Winterstandes in dem einzelnen Sommer zurückgewichen war. Zu gleicher Zeit liess sich für Gletscher, welche wir nur in einem Jahre beobachten konnten, noch eine andere Beziehung berücksichtigen. Man findet sehr häufig, dass Moränen so weit abstehen, dass ihre Distanz nicht das Resultat des sommerlichen Abschmelzens in einem Jahre sein kann. Der Raum zwischen ihnen und dem Eise ist dann mit Gerölle theilweise bedeckt, oft finden sich auch später kleinere Erhöhungen. Wir können dadurch Daten über den Spielraum der neueren Oscillationen solcher Gletscher erhalten.

Die römischen Ziffern der folgenden Zusammenstellung beziehen sich auf Gletscher erster Ordnung; die übrigen sind zweiter Ordnung. Die Buchstaben N. O. S. W. beziehen sich auf ihre Richtung gegen Norden, Osten u. s. w.

In ihrer Ordnung folgen sich die angeführten Gletscher von Osten nach Westen.

1846.

Name des Gletschers.	Name des Thales.	Entfernung der letzten Moräne vom Eise.	Bemerkungen.
1) Rauriser Goldberggletscher. Richtung N.	Rauris Pinzgau.	20 Meter.	Beim Knappenhaus.
2) Gletscher der kleinen Zirknitz. S.	Zirknitzthal, Seitenthal des Möllgebietes. Kärnthen.	70 Meter.	Die Firnmeere beider Gletscher 1 und 2 grenzen nach oben zusammen.
III. Pasterzengletscher. SO.	Möllthal.	13 Meter.	Entfernung von einer kleinen Moräne auf der Margaritze.
4) Marmolatta. NO.	Gebiet des Fassathales in Südtirol auf Dolomit.	15 Meter.	Diese Zahl ist der Durchschnitt, da der Marmolattagletscher sich durch Mittelmoränen in 3 bis 4 deutliche Zuflüsse trennen lässt.

1847.

V. Hintereisgletscher. NO.	Oetzthal.	3,4 Meter.	Von der Moräne am kleinen Felsen.
6) Platteigletscher. SO.	Oetzthal, linke Seite des Rofnerthales, in bedeutender Höhe.	0 Meter.	Die Ausgänge waren sehr dünn.

Name des Gletschers.	Name des Thales.	Entfernung der letzten Moräne vom Eise.	Bemerkungen.
7) Rothe-Kahr-Gletscher. SO.	Rofnerthal linke Seite.	39 Meter.	} Beide, 7 und 8 sind nicht sehr gross, in bedeutender Höhe.
8) Rofnerkahr-Gletscher. SO.	Südlich d. i. thalaufwärts von No. 7.	60 Meter.	
9) Thaleitgletscher. N.	Venterthal. Auf der N. Seite des Thaleitberges.	0 Meter.	Ein Gletscher der jüngsten Bildung.
10) Hochjochgletscher N.	Oetzthal.	3 Meter.	
XI. Marcellgletscher. NW.	Rechts vom Hintereise. Niederthal.	11,6 Meter.	Von einem Signale am Felsen gemessen.
12) Niederjochgletscher. N.	Ende des Niederthales.	3 Meter.	Endet sehr breit auf einem fast ebenen Boden.
13) Teingletscher. NW.	Niederthal, linkes Seitenthal.	38 Meter.	Sein Ende ist sehr steil und dünn.
XIV. Grosser Oetzthaler- oder Gurglergletscher. N.	Gurglerthal.	4 Meter.	Es war diess die Oscillation des letzten Jahres, wie man uns versicherte.
15) Erster Seitengletscher des Oetzthaler- gletschers. O.	Gurglerthal.	40 Meter.	} No. 15 und 16 erreichten nicht ganz das Bett des grossen Oetzthaler, aber nähern sich ihm bis 100 m. Beide sehr klein.
16) Zweiter Seitengl. des Oetzthaler- gl. O.	Gurglerthal.	30 Meter.	
17) Langthaler- gletscher. NW.	Gurglerthal. Das Wasser dieses Gletschers bildet den Langthalersee.	2 Meter.	Er befindet sich in einem Seitenthal zum Gurgler- gletscher, wie das Hochjoch zum Hintereise.
18) Rothmoos- gletscher. W.	Gurgl. rechtes Seitenthal.	0 Meter.	Liegt noch etwas tiefer als der Oetzthaler- gl.
19) Salurngletscher. O.	Schnalserthal, bei Kurzraas.	30 Meter.	} Ziemlich klein. Die Firnkahre von No. 19 und 20 grenzen nach oben zusammen.
20) Matschgletscher. S.W.	Matschthal.	150 Meter.	
21) Langgrub- gletscher. S.	Matschthal.	12 Meter.	Bedeutend grösser als No. 20 und 21.
22) Dritter Madatsch- gletscher. NO.	An den Abhängen des Ortes.	110 Meter.	Die beiden anderen von der Strasse entfernten Madatschgletscher hatten wir nicht direct gemessen, schätzten aber ihren Abstand auf etwas weniger.
23) Gletscher von Guarda. SO.	Engadin.	13 Meter.	} Die Firnmeere von 23 und XXIV begrenzten sich nach oben.
XXIV. Vermont- gletscher. N.	Montafunthal in Vorarlberg.	0 Meter.	

1848.

Name des Gletschers.	Name des Thales.	Entfernung der letzten Moräne vom Eise.	Bemerkungen.
III. Pasterzengletscher. SO.	Möllthal.	15 Meter.	Standpunkt an der Margaritze wie 1846. 1846 = 13 Meter.
25) Kleiner Flussgletscher. SW.	Möllthal. Rechtes Seitenthal.	20 Meter.	No. 25, 26 und 27 folgen sich in der angegebenen Ordnung im Möllthal von Ausen nach Innen.
26) Klobengletscher. SO.	Möllthal. Rechtes Seitenthal.	10 Meter.	
27) Pfandelgletscher. W.	Möllthal. Pfandelthal bei der Wallnerhütte; rechte Seite des Möllthales.	120 Meter.	
28) Sinibaleckgletscher. SW.	Möllthal. In einer Mulde des gleichnamigen Berges.	10 Meter.	Sehr klein.
29) Wiesbachgletscher. SO.	Fuschthal im Pinzgau.	150 Meter.	Sein Firnkahr befindet sich auf den Abhängen des Wiesbachhornes.
V. Hintereisgletscher. NO.	Rofnerthal.	4,8 Meter.	Standpunkt wie 1847. Am Gletscherthore selbst nur 3,68 Meter.
9. Thaleitgletscher. N.	Venterthal.	0 Meter.	1847 = 0 Meter.
XI. Marcellgletscher. NW.	Niederthal.	8,2 Meter.	1847 = 11,6.
13) Teingletscher. W.	Niederthal.	44 Meter.	1847 = 38 Meter.

So ungleich nun die Zahlen beim ersten Anblicke erscheinen, so lässt sich doch leicht manches Uebereinstimmende erkennen, wenn wir sie nach den Jahren der Beobachtung und nach der Grösse der Gletscher gruppiren.

1) Jene Gletscher, welche 1847 und 1848 beobachtet wurden, waren im ersteren Jahre grösser; nur der Thaleitgletscher macht davon eine Ausnahme.

2) Fast ebenso constant ist die Erscheinung, dass die secundären Gletscher weit grössere Entfernungen, mithin weit grössere Oscillationen zeigen als jene erster Ordnung. Sie steigert sich bis zu 100 Meter und darüber. Die Grösse der Oscillationen verhält sich daher umgekehrt wie jene der Gletscher. Die secundären Gletscher, besonders die kleineren unter ihnen, sind vom Maximum weit mehr entfernt, als die Gletscher erster Ordnung. Sie scheinen bei ihrer geringeren Dicke und der langsamen Bewegung in warmen Sommern leichter abzuschmelzen, als in kühlen den Verlust zu ersetzen. Bei grösseren Gletschern sind die Oscillationen weit ähnlicher den Temperaturschwankungen als bei kleineren. Was macht es aber dennoch möglich, dass diese Gletscher, weit entfernt

dem ungleich grösseren Einflusse warmer Sommer zu erliegen, ein Maximum erreichen können, welches verglichen mit ihren Dimensionen alles überbietet, was wir von grösseren Gletschern, wenigstens in historischer Zeit kennen? Offenbar muss hier noch eine neue Ursache sehr wirksam eintreten, welche von den Schwankungen der Temperatur unabhängig ist.

Einwirkung der Schuttanhäufungen.

Die grössere oder geringere Bedeckung des Gletschers mit Moränenschutt scheint auf die Oscillationen einen wesentlichen Einfluss zu haben. Als ein besonders schönes Beispiel dafür dürfen wir den Aargletscher anführen. Das Vorrücken seines Endes beträgt 1,52 Centimeter in 24 Stunden als Maximum im December. Das Abschmelzen erreicht nie die Grösse der nachgeschobenen Massen¹⁾. AGASSIZ nennt als Grund dafür die grossen Moränen dieses Gletschers: sie hindern das directe Abschmelzen, und erhalten den Gletscher dadurch an einer Stelle, welche er ohne diesen Schutz nie erreichen könnte. Einen ähnlichen Zusammenhang zwischen Moränendecken und Vorrücken zeigt auch der Zmutt-Gletscher.

Secundäre Gletscher, welche die grössten Oscillationen haben, sind auch wegen ihrer geringeren Oberfläche dem Einflusse einer relativ grossen Schuttbedeckung mehr ausgesetzt. Sie entfernen sich zugleich nur wenig aus den vegetationslosen verwitterten Umgebungen der Hochregionen, wo bedeutendes Herabstürzen der losen Massen um so leichter möglich wird.

Der Leitergletscher in einem Seitenthale der Möll ist für die Untersuchung dieser Schwankungen sehr geeignet; wir sind dabei noch dadurch unterstützt, dass uns einige historische Nachrichten über diesen Gletscher vorliegen. Ganz in seiner Nähe liess Fürst SALM Bischof von Gurk, eine Hütte bauen, die bei der Besteigung des Grosse Glockners als Nachtlager diente²⁾. Nach den Tagebüchern, welche sein Generalvicar von HOHENWART darüber veröffentlichte, versuchte man anfangs, sie auf dem Eise selbst zu errichten, allein man konnte, wie leicht begreiflich, ungeachtet aller Anstrengungen nicht auf den Boden gelangen, um dort die Pfeiler der Hütte einzurammen. Man entschloss sich daher, dieselbe an das Ende des Gletschers zu stellen. Allein sie wäre sicherer am Eise gestanden als hart am Rande desselben, da sie wenigstens eine Zeit lang wie ein Schiff auf einem Strome ungestört dem Zuge des Gletschers hätte folgen können; bei ihrer gegenwärtigen Stellung musste das geringste Vorrücken ihre gänzliche Zerstörung bedingen. Sie lenkte seit mehr als 50 Jahren die Aufmerksamkeit auf die Schwankungen des Leitergletschers. Die wichtigsten örtlichen Verhältnisse dieses letzteren lassen sich in der folgenden Figur überblicken.

1) AGASSIZ *Syst. glaciaire. Empiétement etc.* S. 487.

2) SCHULTES Glocknerreise. Band II.

Fig. 54.



Der Leitergletscher.

a. Salmshöhe. b. Salmshütte am Rande der Endmoräne. 8404 P. F. Dieser secundäre Gletscher zeigt eine grosse Rand- und Seitenmoräne und mehrere Mittelmoränen. c. Grossglockner von der Südseite 12153'; wegen der bedeutenden Neigung sind die Schneelagen theilweise von kahlen Felsenparthien unterbrochen. d. Einschnitt der Hohenwarte 9813'. e. Kellerberg. f. Leiterbach.

Bei ihrer Erbauung 1799 stand sie fast unmittelbar an der Moräne, denn Hohenwart nennt die Moräne »ihre unzerstörbare Schutzmauer gegen den Wind«¹⁾; diess zeigt auch ein Gemälde von Vallé, welches Schultes als Titelpuffer gewählt hat. Die Karte bei Schultes bestätigt ebenfalls eine unmittelbare Nähe der Hütte am Gletscher²⁾. Dieselbe war während der folgenden Jahre ungefährdet. Der Gletscher entfernte sich von ihr immer mehr. Besonders auffallend soll diess gewesen sein in den Jahren 1818 bis 1820. 1820 betrug die Entfernung des Gletschers von der Hütte »50 Schritte«. Diess war das Minimum seines Standes. »Bald« (die genauere Zeitangabe konnten wir nicht erfahren), »wurde er wieder grösser«. Im Jahre 1827, bei der Besteigung des Grossglockners von

1) Reise auf den Grossglockner an der Grenze von Kärnthen und Tyrol. Wien 1804, 4 Bde.

2) Schultes erwähnt bei seiner Besteigung 1800 eines Umstandes, der dieser Lage der Hütte zu widersprechen scheint. Er sagt: »Um 4 Uhr Morgens am 6. September brachen wir von der Salmshöhe auf. Die Führer leuchteten schweigend voran mit Pechfackeln. Am Klirren der Fusseisen hörten wir es mehr als wir es am flimmernden Lichte der Fackeln sahen; dass wir über loses Steingerölle hingingen. Es währte beinahe eine Viertelstunde, ehe wir auf diesem Wege über das Gerölle auf den Gletscher selbst kamen. »Jetzt sind wir auf dem Keesboden« sagte der vorderste Führer.« Nach dieser Stelle schiene es fast als wäre die Hütte $\frac{1}{4}$ Stunde vom Gletscher entfernt gewesen. Allein es ist leicht, am Platze selbst sich von dem Sinne dieser Angaben zu überzeugen. Sie mussten nämlich die sehr breite, damals vielleicht noch ausgedehntere Randmoräne überschreiten. Die Führer gingen dann, der grösseren Sicherheit wegen auf einer der sehr kurzen Mittelmoränen weiter; nichts ist erklärlicher, als dass man zu diesem Wege bei der ungünstigen Beleuchtung »beinahe eine Viertelstunde« brauchte.

einigen Offizieren des k. k. Generalstabes, übernachtete man dort das letzte Mal. Schon im folgenden Jahre war ihr der Gletscher so nahe gerückt, dass sie bedeutende Beschädigungen erlitt. 1829 verschwand sie vollständig unter dem Schutt der Moränen. Im Jahre 1847, noch mehr 1848 wurden wieder einige Theile der Hütte sichtbar. Allein nur wenige, kleine Reste hatten sich erhalten, obwohl sich dieses Gebäude, nach den ausführlichen Angaben von HOHENWART, durch seine sorgfältige, massive Bauart auszeichnete.

Diess sind die Anhaltspunkte für die jüngste Oscillationsperiode des Leitergletschers. Allein auch zwei frühere liessen sich ganz deutlich erkennen. In einer Entfernung von 32 Metern bilden die Felsen eine kleine Terrasse, über welche der vielarmige Ausfluss des Seitengletschers mehrere kleine Wasserfälle macht. Der Boden bis zu diesen Felsen ist eben, alles Gestein ist geglättet; der angehäuften Moränenschutt ist nur dünn und gleichmässig vertheilt. Die Felsen der Terrasse vor allem tragen die deutlichsten Spuren der Gletscherwirkung, sind glatt, kugelig, und mit den eigenthümlichen Streifen der polirten Felsen versehen. Unter der Terrasse liegt eine kleine Endmoräne. Dass diese Periode wirklich die vorletzte und keine frühere gewesen sei, glauben wir daraus schliessen zu dürfen, dass zwischen den polirten Felsen und dem gegenwärtigen Stande des Eises keine weitere Moräne mehr sich befand.

Eine dritte Periode einer noch grösseren aber auch früheren Oscillation schien uns durch eine Moräne angezeigt, welche sich sehr deutlich 210 Meter weiter unten erhalten hatte.

Fassen wir diese Daten zusammen, so haben wir für die jüngste Periode:

$$1799 \text{ bis } 1820 = - 40 \text{ Meter} = - 2 \text{ Meter im Jahre}^1)$$

$$1820 \text{ bis } 1829 = + 40 \text{ Meter} = + 4,4 - -$$

$$1829 \text{ bis } 1848 = - 2 \text{ Meter} = - 0,4 - -$$

Nehmen wir daraus ± 2 Meter als die mittlere Oscillationsgrösse, so dauerte die zweite Periode des Vorrückens und Zurückkehrens zum alten Stande etwa 32 Jahre, die dritte 210 Jahre. So wenig wir absoluten Werth auf diese Zahlen legen können, so zeigen sie doch, dass wir diese und manche ähnliche Oscillationen nicht in vorhistorische Zeit zu verlegen brauchen.

Die Ursachen dieser Oscillationen haben wir schon dadurch angedeutet, dass wir auf die Verschmälerung der Randmoräne auf dem Eise während der Jahre 1818 bis 1820 aufmerksam machten. Nehmen wir an, es wäre durch irgend eine Ursache eine grosse Masse von Schutt auf den Gletscher gekommen, und läge nun durch die fortwährende Bewegung desselben nach abwärts gebracht schon nahe an seinem Ende. War bisher seine Bewegung so gross, dass sie durch das Abschmelzen gerade aufgehoben oder gar überboten wurde, so muss sich diess Verhältniss ändern, sobald die ersten Steine den Rand erreichen. Der Gletscher wird durch sie wie durch ein Dach geschützt, das Abschmelzen seines Endes wird jetzt kleiner als die Bewegung, der Gletscher rückt vor.

1) Mit — ist das Zurückweichen, mit + das Vorschreiten des Gletscherendes bezeichnet.

Allein die Auflösung seiner Masse wird nicht ganz unterbrochen. Finden wir den Gletscher am Ende des Herbstes um drei Meter weiter vorne, so hat sich nicht die ganze Masse nur um diese Grösse bewegt; die Bewegung mag zum Beispiel 5 Meter betragen haben, aber das Abschmelzen nur zwei, während es früher auch 5 ausmachte. Jene Moränensteine, welche auf den zwei abgeschmolzenen Metern lagen, bedecken jetzt den Gletscher nicht mehr, sondern liegen am festen Boden. Der Gletscher schiebt sie bei seinem Vorrücken vor sich her, und bildet aus ihnen eine zweite, man könnte sagen, untere Randmoräne, welche jedoch an die obere, an die auf dem Eise selbst liegende so innig sich anschliesst, dass nur schwer die Grenze zwischen beiden zu ziehen ist. Das Vorrücken dauert dabei fort, denn noch immer ist der Gletscher von Schutte vor zu grossem Substanzverlust geschützt. Sind aber seine letzten Decken gefallen, so ist er wieder den Einflüssen der Besonnung unbedingt ausgesetzt, und fängt an sich zurückzuziehen, bis etwa eine neue, ähnliche Schuttmasse, ihn bedeckt. Die schönen Moränen grösserer Gletscher, welche sich als ununterbrochene Linien bis in die Nähe der Firnmeere erstrecken, scheinen der Annahme einer periodischen, unregelmässigen Moränenbildung zu widersprechen. Allein in ihren ersten Anfängen sind auch diese nicht so zusammenhängend; erst der langsamere Gang gegen das Ende, oder das Nähern der Moränen gegen die Ufer macht, dass die zerstreuten Gruppen sich vollständig zu grösseren Wällen vereinen. In den Anfängen der Moränen lassen sich häufig mit Bestimmtheit Gruppen unterscheiden, welche in den verschiedenen Perioden von den umgebenden Felsen herabfielen, und lange Zeit ihre gegenseitige Entfernung beibehalten. Bei secundären Gletschern werden sie häufig nie mehr vollkommen vereint, da die Bewegung nicht lange genug dauert; so wird das Ende bald bedeckt, bald frei von Moränenschutt sein, was auf das Abschmelzen von grossem Einfluss sein muss.

Da die secundären Gletscher überdiess durch ihre geringere Breite relativ mehr Ufer haben als die grossen, so können sie in demselben Grade mehr Moränen-Decken erhalten. Dass bedeutende Schuttmassen auf denselben Gletschern bald vorhanden sind, bald fehlen, tritt daher bei grösseren Gletschern selten, bei kleineren aber sehr regelmässig auf. Dieser Umstand ist es, welcher bewirkt, dass von zwei secundären Gletschern mehrere derselben Jahre lang unter ganz gleichen klimatischen Einflüssen, der eine ein bedeutendes Vorrücken zeigt, der andere das Gegentheil. Beim Leitergletscher finden wir die Bedingungen zu regellosen Einflüssen dieser Art besonders günstig. Seine Dimensionen sind nicht bedeutend; seine Ufer sind gebildet aus Bergen und Wänden von 3000 bis 4000 Fuss relativer Höhe. Ueberall ist das Gestein in grossen Massen plattenförmig verwittert. Es bedarf nur eines nassen Frühlings, einiger grösserer Lawinen, um dasselbe auf den Gletscher niederzustürzen. Die Verwitterung und das Lostrennen des Gesteines wird hier durch die Begrenzung von Chlorit-, Glimmer- und Talkschiefer mit Kalklagern, welche den Gletscher umgeben, sehr begünstigt. So lange solche Massen in den oberen Theilen des Gletschers liegen, ist ihr Einfluss gering, doch erreichen sie endlich seine Ränder, so muss sich ihr mächtiger Einfluss unabweisbar geltend machen.

Diese Voraussetzungen lassen sich gerade am Leitergletscher wirklich nachweisen. Als 1799 die Salmshütte gebaut wurde, trug der Gletscher nach VALLE's Zeichnung 5 bis 6 Mittelmoränen von geringer Länge, die sich zu einer Endmoräne vereinigten; allein ein grosser Theil ihrer Masse war bereits vom Eise herabgefallen. Sie waren nicht mehr mächtig genug, ein bedeutendes Vorrücken zu begünstigen; das Gletscherende wich daher zurück; die letzten seiner schützenden Bürden fielen 1818—1820. Diese Abnahme fand dabei in einer Periode statt, wo die mittlere Sommertemperatur gewiss nicht hinreicht, sie zu erklären, da gerade in diesen Jahren die meisten anderen Gletscher an Grösse zunahmen. Unterdessen näherte sich eine zweite Lage dem Rande. Schnell (1829) erreichte er wieder ein Maximum. Im Jahre 1848 fanden wir nur noch Reste dieser Schuttmassen. Der Gletscher hatte ausser den beiden Seitenmoränen acht Mittelmoränen von sehr ungleicher Länge, welche bei der grössten 230, bei der kleinsten 12 Meter betrug. Im Ganzen war die Moränenbildung der Art, dass wir ein fortgesetztes Zurückweichen des Gletschers für die nächsten Jahre erwarten dürfen.

Die grossen Oscillationen der früher angeführten kleineren Gletscher, wovon einige so grosse Abstände von ihren Randmoränen zeigten, dürfen auch ähnlichen Einflüssen zugeschrieben werden. Die Zunahme scheint dabei, wenigstens nach den Schwankungen des Leitergletschers, rascher einzutreten als die Abnahme.

Einfluss der Unterlage.

Auch die Form der Unterlage kann für die Oscillationen sehr wichtig werden. Erreicht ein Gletscher bei seinem langsamen, allmählichen Vorrücken den Rand einer Terrasse oder eine andere sehr bedeutende Unebenheit, so bricht er in grossen Stücken ab. Wir erwähnten solcher Eisstürze bei der Bewegung secundärer Gletscher. Fallen sie plötzlich in bedeutende Tiefen, so werden sie zersplittert und kommen in Regionen, welche eine merklich höhere Temperatur besitzen. Daher geschieht es, dass sie entweder bald verschwinden oder die kleinen Massen der Eistrinnen bilden. Nur in seltenen Fällen entsteht in der Tiefe ein neuer kleiner Gletscher. Ganz anders ist es, wenn grössere Eismassen über Terrassen gehen, welche gerade hinreichen ihre Continuität etwas zu lösen, ohne sie ganz zu zersplittern und zu zerstreuen. Die Masse wird dann nicht nur den Absatz schnell heruntersteigen, ihre Trümmer werden auch jetzt einen weit grösseren Raum einnehmen, und dennoch nahe genug liegen, um an der allgemeinen Bewegung Theil zu nehmen. Ist das Thal in grösserer Länge sehr geneigt, so wird diese für das Vorrücken so beschleunigende Trennung sich öfter wiederholen.

Historische Beispiele solcher mächtiger und plötzlicher Oscillationen liegen besonders im Oetzthale vor. Die Bildung einiger Thäler und die zahlreiche Nachbarschaft grösserer und kleinerer Gletscher bewirken, dass öfters der Ausfluss eines höher gelegenen Gletschers das Thal eines tieferen schneidet, und das Wichtige dabei ist, dass diese Kreuzungspunkte wegen ihrer grossen absoluten Höhe (meist über 7000 Fuss) den Glet-

schern in einzelnen Jahren nicht unzugänglich sind. Erreicht einer derselben den Durchschnittspunct, so ist dem Wasser des anderen der Abfluss gehemmt. Solche Verhältnisse findet man zwischen dem Marcellgletscher und Niederjoch, Langthaler und Gurgler (grossen Oetzthaler) Gletscher, zwischen dem Hochjochgletscher und Hintereise, einem Abflusse der Kesselwände und dem Hintereise, und vor allem zwischen dem Hintereise und Vernagt; auch bei manchen kleineren Gletschern. In allen diesen Fällen kann sich das Wasser entweder einen Weg unter dem tiefer gelegenen Gletscher bahnen, oder es muss sich hinter demselben zu einem See aufstauen; seine Masse wird bisweilen so gross, dass die plötzliche Entleerung solcher Seen ungemeine Verwüstungen herbeiführt.

Am bekanntesten ist in dieser Beziehung der Vernagt geworden¹⁾. Er ist es, welcher den Bach des Hintereises aufstaut, und so den Rofnersee hervorruft. Das Ueber-raschende dabei ist die oft ungemeine Schnelligkeit seines Vorrückens, und dann das gänzliche Verschwinden von den gefährlichen Stellen in anderen Perioden. Seine Schwankungen veranlassten uns zunächst das Oetzthal 1847 und 1848 zu längeren Untersuchungen auszuwählen. Er lag in den letzten Jahren vor 1840 mit geringen Oscillationen in den hintersten, höchsten Theilen des Rofnerthales. Dieser Gletscher ist in seiner ursprünglichen Form ein secundärer; seine grösste Länge mit Einschluss des Firmmeeres beträgt jetzt 5,6 Kilometer; in seiner früheren Gestalt war sie nach der Karte des österreichischen Generalstabes ungefähr 4 Kilometer. Das Felsenriff im »Hintergraslen« theilt seine Firmmeere in zwei Gruppen, das Vernagtkahr links, das bei weitem grösser ist, und das Rofnerkahr rechts am Fusse der Rofnerkögel. Die Zuflüsse aus beiden Mulden vereinigten sich auch in der gewöhnlichen Form, aber jener des Rofnerkahres war der bei weitem kleinere; bisweilen bleibt hinter der Vereinigungsstelle ein kleiner Zwischenraum wie zwischen dem Kesselwand- und Hintereisgletscher. Die Lage der Ogiven sowohl als der Moränen hat uns gezeigt; dass jener Theil des Vernagt, welcher jetzt bis zur Zwerchwand herabreicht, nur der linke Zufluss ist, da sich auf ihm keine Mittelmoräne befindet. Die vom Hintergraslen, bei dem Zusammentreffen beider Zuflüsse ausgehende Moräne, wird, da der Zufluss rechts bald aufhört, nun Randmoräne. Erst gegen das Ende des Gletschers, da, wo sich seine Massen etwas mehr ausbreiten, und die Ogiven so bedeutende Verschiebungen erleiden, wird ein grosser Theil dieser Moräne vom Rande gegen die Mitte entfernt, und bildet so einen der schönsten und grössten Moränenfetzen, die man finden kann. Beim Uebergange an dieser einzigen Stelle könnte man sie allerdings für eine Mittelmoräne halten. Diess scheint Dr. STOTTER veranlasst zu haben, dieselbe auf seiner Karte als Mittelmoräne bis zum Hintergraslen fortzusetzen, da damals der Gletscher fast ganz unzugänglich war. Auch ein Ueberblick von einer be-

1) Aehnliche Entleerungen von aufgestautem Wasser bemerkte man im Oetzthale am 7. und 8. September 1845 zwischen dem Kesselwandgletscher und dem Hintereise. Auch der Teingletscher lässt oft grosse Massen in das Niederthal herabfallen, welche Wasseraufstauungen hervorrufen; so Januar 1847. 26. Juli 1847. und 11. Januar 1848.

nachbarten Höhe lässt keinen Zweifel, dass der eine Zufluss, jener des Vernagtkahres, an dieser Oscillation bei weitem den grössten Antheil genommen habe. Die Richtung der Ogiven und mehrere kleine Firnmoränen zeigen jedoch, dass auch dieser Theil nicht ein ganz einfacher ist¹⁾.

In den letzten Jahren vor 1840 behielt der Vernagt, nur wenig sich verändernd, seine Gestalt als secundärer Gletscher bei. 1840 bis 1842 aber bemerkte man ein merkliches Vorrücken, welches jedoch noch nicht die Grenzen des gewöhnlichen, an anderen Gletschern beobachteten überschritt. Bald aber erreichte er einige Unebenheiten der Unterlage; die Massen spalteten sich und brachen in gewaltigen Parthieen los; wenigstens bildeten sich sehr bald ungeheure Querspalten. WALCHER²⁾, der Beobachter eines früheren Vorrückens des Vernagt im Jahre 1772, berichtet ebenfalls sehr deutlich von einem Herabrollen losgetrennter Eismassen. Auch in der letzten Periode haben solche Continuitätstrennungen mit Sicherheit stattgefunden, da, wo noch jetzt die grössten Spalten bemerkbar sind. Diese Trümmer wurden bald durch die nachrückende zusammenhängende Masse erreicht und aufs neue thalabwärts getrieben. Da Bruchstücke stets einen grösseren Raum einnehmen als zusammenhängende Massen, so musste dadurch die Gesamtbewegung des Gletschers wenigstens scheinbar sehr vermehrt werden. Von grossem Einflusse war für das so ungeheuer schnelle Vorrücken auch die Ansammlung von Wasser in den Spalten. Eine constante Erscheinung, welche das jedesmalige Vorrücken begleitete, war, dass der Abfluss des Wassers sehr gehemmt wurde. Auch im Jahre 1842 wurde die Furcht der Bewohner des Oetzthales dadurch sehr vermehrt, dass der Vernagtbach fast gänzlich ausblieb. Es ist auf keine Weise anzunehmen, dass das Schmelzen des Eises in dieser Periode aufgehört; im Gegentheile muss gerade die Wirkung des warmen Sommers von 1842 von sehr merklichem Einflusse gewesen sein. Der Bach war aus dem Grunde kleiner geworden, weil dem Wasser durch das Labyrinth der neuen Spalten und Trümmer kein Ausweg nach abwärts mehr offen stand. Dieses wurde in den Spalten zurückgehalten und musste so einen sehr bedeutenden hydrostatischen Druck ausüben, wenn man die grosse Höhe vom Hintergraslen bis zur Zwerchwand bedenkt. Die Bewohner von Rofen und Vent versuchten das Vorrücken durch verschiedene Signale zu controliren; Dr. STOTTER und nach ihm FRIGNET haben die Resultate in folgende Tabelle vereinigt:

1) Vergl. Seite 85. Fig. 35.

2) WALCHER Nachrichten über die Eisberge in Tyrol. Wien 1773 ist für die älteren Oscillationen dieses Gletschers und die ersten genaueren Nachrichten über diese Thäler sehr wichtig. Dr. STOTTER, Die Gletscher des Vernagthales und ihre Geschichte, Innsbruck 1846, enthält auch sehr sorgfältige und interessante Daten für die neueste Oscillationsperiode dieses Gletschers. Uebersetzt von FRIGNET: *Essai sur le phénomène erratique en Tyrol. Paris 1846.* Die Untersuchungen wurden angestellt von einer Commission bestehend aus Herren Bergrath ZÜRTL, Baudirektionsadjunkt LIEBENER und Dr. STOTTER. Heft Pfarrer Anton HAM beobachtete das Vorrücken des Gletschers in grösseren Zwischenräumen.

Vorrücken des Vernagt¹⁾.

Zeit der Beobachtung.	Zeit zwischen zwei Beobachtungen.	Entfernung des Gletscherendes von der Zwerchwand.	Neigungswinkel des Vernagthales.	Mittlere Bewegung für 24 Stunden.
13. Nov. 1843.	—	702 W.Klftn.	—	—
18. Juni 1844.	219 Tage	469	17°	6,4 Wien. F.
18. Octob. 1844.	122 Tage	401	17—19°	3,4
3. Januar 1845.	76 Tage	384	19°	1,3
19. Mai 1845.	136 Tage	81	19—24°	13,4
1. Juni 1845.	13 Tage	0	12°	37,4

So war mit dem 1. Juni 1844 die Zwerchwand erreicht und der Bach des Hintersees abgeschnitten; sehr bald bildete sich ein See, dessen Ausbruch schon nach 14 Tagen, am 14. Juni 1845 erfolgte. Seit dieser Zeit wiederholten sich die Entleerungen in jedem Jahre; besonders heftig war jene vom Sommer 1848. Wir werden auf die Grösse der Seen und die Gewalt ihrer Ausbrüche im zwölften Capitel zurückkommen, wenn wir die Wirkungen untersuchen, welche diese Ueberschwemmungen hervorzubringen vermochten.

Sehr merkwürdig bei den Oscillationen des Vernagt ist, dass er schon öfters die grosse Strecke vom Hintergraslen bis zur Zwerchwand zurückgelegt hatte, und jedesmal auch wieder nach längeren oder kürzeren Perioden diese Stelle räumte, was bei einem regelmässigeren Gletscher kaum zu erwarten wäre; doch hier scheint der Einfluss warmer Sommer vorzüglich durch die grosse Zerklüftung der Massen unterstützt zu werden. Wir haben die Perioden seiner Oscillationen nach WALCHER und STOTTER zusammengestellt; für die letzte Periode benutzten wir ausser unsern eigenen Erfahrungen die Mittheilungen des Herrn Pfarrers Franz ARNOLD im Tyrolerboten. Diesem sind wir auch für viele mündliche interessante Nachrichten und seine freundliche Unterstützung während unseres Aufenthaltes im Oetzthale sehr verbunden. Auch suchten wir unsere Daten durch Fragen bei den gefälligen Bewohnern von Vent zu vervollständigen.

Die Oscillationen des Vernagt.

I. Periode.

Anfang der Oscillation: 1599. *Maximum*²⁾: 1601. *Ende* unbekannt.

Seeausbruch: 1600.

1) Diese Zahlen lassen sich natürlich mit der Bewegung im gewöhnlichen Sinne nicht vergleichen, da auch hier das Zerbrechen des Eises sehr grossen Einfluss hatte. Ueber die gegenwärtige Bewegung des Vernagt vergl. Cap. V. S. 109.

2) Die Angaben des Maximums beziehen sich gewöhnlich auf den Zeitpunkt, wo der Gletscher seine grösste Länge erreicht hatte, nämlich an die Zwerchwand anstieß, und dadurch den Abfluss des Wassers hinderte. Das Eis nahm jedoch stets noch einige Zeit an Masse zu.

II. Periode.

Anfang. 1677. *Maximum:* 1677 oder 1678. *Ende* 1712.

Seeentleerungen: 1) Mai 1678 wenig. 2) 17. Juni 1677 sehr heftig. 3) 1679 wenig.
4) 1680 heftig. 5) 1681 wurde er durch Abgraben künstlich entleert.

III. Periode.

Anfang: 1770. *Maximum:* 1772. *Ende:* 1772 bis 1777?

Seeentleerungen: 1) 1770 abgelassen. 2) 1772 Ohne bedeutende Zerstörungen entleert.

IV. Periode.

Anfang: 1820. *Maximum:* 1822. *Ende:* 1824 bis 1825.

Es bildete sich kein See, weil die vorgerückten Massen nicht bedeutend genug waren.

V. Periode.

Anfang: 1840 erstes Bemerkbarwerden des Vorrückens. 1842 beschleunigte Bewegung. *Maximum:* 1. Juni 1845 war die Zwerchwand erreicht; bis zum Jahre 1848 nahm der Gletscher noch immer an Masse zu.

Seeentleerungen: 1) 14. Juni 1845. Das Wasser drückte damals die ganze Eismasse weg; es hatte freien Abfluss bis zum 12. November. Vom 12. November bis 31. Januar sammelte sich neues Wasser, doch war der Abfluss des Hintereisbaches nicht völlig unterbrochen. 2) 31. Januar 1846 stieg das Wasser in Vent, am 8. und 9. Februar trat eine grössere Entleerung ein, welche die Eisdecke der ganzen Oetz mit grosser Gewalt zerbrach. Der allmähliche Abfluss dauerte noch bis zum 11. Februar. Bei einer Besichtigung des Seebeckens durch Herrn ARNOLD und den Rofnerbauern Nicodem KLOTZ am 12. Februar war dasselbe völlig entleert und mit zahlreichen Eistrümmern bedeckt. 3) Vom 12. Februar bis 6. Juli bemerkte man eine neue Wasseransammlung und kleinere Ausbrüche; am 6. Juli vollständige Entleerung, neue Ansammlung vom 15. August bis 9. October. 4) Ausbruch den 6. und 9. October, freier Abfluss bis 18. Dec. Ansammlung des Wassers den 19. Dec. bis 28. Mai 1847. 5) Den 28. Mai erfolgte ein sehr grosser Ausbruch. Der Canal blieb geöffnet bis 21. September; theilweises Zurückhalten des Wassers bis 12. November; später war der Abzug völlig verschlossen. 6) Ausbruch am 13. Juni 1848, sehr heftig. Von dieser Zeit an hatte das Wasser fortwährend (November 1849) freien Durchgang.

Wir sehen, dass das Vorrücken bis zur Zwerchwand fast immer in einem, höchstens in drei Jahren erfolgte. Allein das völlige Verschwinden des Eises ist ungleich grösseren Schwankungen unterworfen, es dauerte einmal (Periode II) sogar 34 Jahre.

Wir machen hier absichtlich auf diese Ungleichheiten aufmerksam, weil wir daraus am deutlichsten sehen können, wie unsicher ein Urtheil über die gegenwärtige Periode sein muss. Es ist dabei vorzüglich zu berücksichtigen, dass die Zerklüftung des Gletschers erst Ende September 1846 soweit sich beschränkte, dass Pfarrer ARNOLD bei den Felsen »im Brand« den ersten Uebergang versuchen konnte. Die Dicke der Eismas-

sen und ihre Ausdehnung nahmen jedoch bis zum Winter 1847/48 stets zu. Erst im Herbst 1848 bemerkten wir ein entschiedenes Zurückweichen von den Moränen und vor allem eine bedeutende Abtragung der ganzen Masse, was nach brieflichen Mittheilungen aus Vent im Sommer 1849 noch mehr der Fall war. Grössere Wasseransammlungen und gefährliche Entleerungen dürften für die nächste Zukunft nicht zu fürchten sein. Im Jahre 1845, 14 Tage nachdem der Gletscher die Zwerchwand erreicht hatte, war der Eiswall noch ziemlich lose; es wurden beim Ausbruche nicht unbedeutende Blöcke Eises losgetrennt; einige sollen damals sogar bis Innsbruck gekommen sein; wäre das Vorrücken eben zu jener Periode ein weniger lebhaftes gewesen, so würde leicht ein beständiger Canal sich haben bilden können. Allein die neu anrückenden Massen verschlossen wieder allen Ausgang.

Im Jahre 1847, als wir das entleerte Seebecken untersuchten, war die Einströmungsöffnung äusserst klein.

Fig. 55.



Das Ende des Vernagtgletschers gegen den See im Jahre 1847.

a. Theile der ersten Seitenmoräne, mit mehreren Moränenfetzen auf dem Eise. *b.* Abhänge des Rofnerberges. *c.* Eisnadeln und sehr zerklüftete Parthien des Gletschers; die gekrümmten Linien sind die Contouren der blauen Bänder. *d.* Felsen der Zwerchwand. *e.* Anhäufung von Sand und Gerölle in dem See, mit kreisförmigen Eindrücken durch jetzt geschmolzene Eisblöcke. Ihr gegenüber befindet sich die schmale Einströmungsöffnung des Wassers unter dem Gletscher.

Höhe bei *e*: 6550 P. F.

Der Schlamm, der den Boden damals drei bis vier Meter hoch bedeckte, machte, dass der Bach auf einer ebenen Unterlage fast lautlos dem Vernagt zufluss; nur eine schmale Oeffnung erlaubte ihm den Eintritt. Eine bedeutende Wasseransammlung für den nächsten Winter war mit Sicherheit zu erwarten, denn die grossen Massen von

Sand waren das beste Material den Canal auszufüllen¹⁾. Vom letzten Ausbruche lagen noch viele grosse Eisblöcke umher, die, von der Gewalt des Wassers losgerissen, oft auf grosse Strecken sich vom Gletscher entfernt hatten.

Die vorliegende Gruppe derselben befand sich 200' über dem jetzigen Niveau des Baches, an der Stelle früherer Alpenwiesen; und waren in eine dicke Lage Schlammes eingesunken. Sie hatten ein sehr schönes Körnergefüge und sondernten sich überdiess in grosse plattenförmige Stücke ab. Auch an vielen benachbarten Stellen, wo kleine Eisblöcke gelegen hatten, die während des Sommers verschwunden waren, liess sich ihre Lage an den Eindrücken im



Fig. 56.

Gruppe von transportirten Eisblöcken.

Sande, die meist noch mit Wasser erfüllt waren erkennen. Zwei ähnliche Vertiefungen befanden sich in der grossen Sandbank vor dem Gletscherthore und sind in unsere Zeichnung (Fig. 55.) aufgenommen.

Im Jahre 1848 war durch den grossen Ausbruch das Thor an dieser Seite bedeutend erweitert worden. Es konnte sich ein regelmässiger Abfluss bilden, weil der Gletscher weniger zerklüftet, und darum weniger Gefahr war, dass der Canal durch die im Innern sich senkenden Eismassen verengt würde; die tiefe Schicht von Schlamm und Sand war ebenfalls durch den heftigen Ausbruch des 13. Juni entfernt worden. An die Stelle der engen Spalten war eines der prächtigsten Gletscherthore von 70 Fuss Höhe getreten. Es gestattete uns einen Blick unter die Gletschermassen zu werfen. Die bizarrsten Draperien von Eis an der Decke, Gletscherfragmente und mächtige Blöcke am Boden, wunderbar belebt von dem Getöse des rasch verschwindenden Hintereisbaches, bildeten einen schönen Contrast gegen die Einförmigkeit der Umgebungen.

Dieser Canal erhielt sich auch ungefährdet während des ganzen Jahres 1849, so dass wohl auch für die nächste Zeit kein Aufstauen des Wassers zu befürchten ist. Ueberhaupt scheint das Maximum der jetzigen Periode vorüber und der Gletscher in einem langsamen, aber fortwährenden Abschmelzen begriffen zu sein.

1) Aus diesen ungünstigen Bedingungen liess sich schon im September 1847 ein neuer Ausbruch für das nächste Jahr befürchten. Vergl. unsern Bericht in der Augsburger allgemeinen Zeitung. Beilage vom 13. Januar 1848.

Historische Daten über das Vorrücken einiger Gletscher.

Es war uns möglich, einige sichere historische Nachrichten über die Veränderungen im Stande der Gletscher zu erhalten. Aehnliche Daten haben schon früher VENETZ und AGASSIZ¹⁾ für einige Gletscher des Wallis und des Berner Oberlandes gesammelt. Diese Oscillationen, welche sich meist auf ein langsames Vorrücken der Gletscher beziehen, entstehen vorzüglich durch das Zusammenwirken jener drei Ursachen, welche wir einzeln an besonders charakteristischen Fällen erläutert haben. Da diese Schwankungen jedoch gewöhnlich schon vor längerer Zeit begonnen haben, so ist es schwer einer einzelnen der erwähnten Kategorien einen besonderen Einfluss zuzuschreiben.

Die Pasterze hat noch in dem letzten Jahrhunderte bedeutende Veränderungen ihres Standes erlitten. Am Hohen Sattel steigt sie über eine jähe Senkung herab, und breitet sich dann im Unteren Boden aus. Der Gletscher füllte anfangs diese breitere Thalsohle nur theilweise aus. Am rechten Ufer, wo jetzt der See am grünen Thor auf unserer Karte angegeben ist, befanden sich früher sumpfige Wiesen, die erst vor 44 Jahren vom Eise und dem Wasser verdrängt wurden. Einen fernerer Anhaltspunct bietet ein Felsenkamm, der lange Zeit aus dem Gletscher hervorragte und als eine Fortsetzung der Margaritze zu betrachten ist. Derselbe macht sich noch jetzt durch eine merkliche Erhöhung des Eises bemerkbar; erst vor 5 — 7 Jahren sollen die letzten Reste desselben von den immer mehr sich anhäufenden Eismassen überdeckt worden sein. Auch auf der linken Seite finden sich mehrere Beweise für das Höherwerden und das Fortschreiten des Gletschers. Auf der Generalstabskarte läuft der Pfandelbach noch frei bis zur Margaritze, während er jetzt vom Eise erreicht und überwölbt wird; zugleich wird durch die grössere Ausdehnung des Gletschers an den jäh geneigten Alpenwiesen (Ehrenwiesen) des linken Ufers stets der Rasen aufgewühlt und auf den Moränen mitgeführt. Auch an seinem Ende auf der Margaritze wurde das Vorrücken desselben bemerkt. Das Eis füllte einen kleinen See aus, der die Stelle einnahm, welche noch jetzt durch eine flache Parthie des Gletschers bezeichnet ist. Es folgte hierauf ein kleiner Felsen, an dem das Eis mauerartig sich emporschob, und auch diesen bald bedeckte. Das Vordringen des Eises betrug hier in den letzten 20 Jahren 70 Meter, eine Grösse, welche wir auf dem Eise durch Messen von der angeführten ebeneren Stelle zum Gletscherende erhielten und als ziemlich sicher ansehen dürfen; die Angaben des Pfarrers und der benachbarten Hirten waren etwas grösser. Zugleich nahm der Gletscher an Dicke zu, was mit einem lebhaften Vorrücken stets verbunden scheint.

1) VENETZ, Denkschriften der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft I. Band, zweite Abtheilung Zürich, 1833.

AGASSIZ, *Etudes sur les glaciers* S. 224 u. s. w.

ZURBRÜGGEN, Geschichte des Thales Saas aus etlichen 400 Schriften zusammen gezogen.

Ueber die Oscillationen der Gletscher im Justedahl in Norwegen siehe DUROCHER *Annales des Mines* 4^{me} série, tome 42. 1847. S. 100 und 103.

Auch im Oetzthale liegen noch für mehrere Gletscher ähnliche Daten vor. Zwischen dem Grossen Oetzthaler- und Langthaler Gletscher befindet sich jetzt ein See, ähnlich jenem hinter dem Vernagte. Auch er ist dadurch entstanden, dass dem Wasser des Langthalergletschers der Abzug versperrt wurde. Die Entleerungen dieses Sees waren anfangs ebenfalls nicht selten mit Zerstörungen verbunden; jetzt aber hat sich ein regelmässiger Canal gebildet; derselbe ist zwar gewöhnlich durch Schutt und Eismassen etwas verengt; allein der Druck des hohen Wasserstandes im Sommer reicht hin, denselben so weit zu öffnen, dass der See gegen Ende Juli sich regelmässig und unschädlich zu entleeren vermag. Dieser See entstand erst vor 150 Jahren, durch das allmähliche Vorrücken des Oetzthaler Gletschers, welches noch jetzt an seinem Ende sich jährlich ein wenig bemerkbar macht. Die Grösse der Oscillation beträgt wenigstens 1000 Meter, was im Jahre 6 — 7 Meter ausmacht, eine Grösse, die von dem noch bestehenden Vorschreiten des Unteraargletschers um einen Meter übertroffen wird. An der Stelle des Sees befand sich früher die »Rossalpe«, von welcher jetzt nur noch ein kleiner Theil, an die Felsen im Schwärzen grenzend, übrig ist.

Beweise für eine früher geringere Ausdehnung liegen auch für den Gletscher des Hochjoches vor. Es ist im ganzen Oetzthale bekannt, dass in seiner Nähe früher ein Saumweg war, welcher mit Pferden häufig besucht wurde, da aus den südlich gelegenen Thälern viele Lebensmittel herübergeschafft wurden. Für Pferde ist derselbe jetzt ganz ungangbar, indem man den Gletscher in seiner ganzen Breite überschreiten müsste. Man findet jedoch noch an zwei Stellen, welche auch auf unserer Karte angegeben sind, deutliche Spuren des früheren Weges. Derselbe ist ungefähr 6 Fuss breit, zeichnet sich durch seine ebenere Anlage und seine grössere Festigkeit aus, so dass er noch jetzt beim Uebergange über das Hochjoch leicht erkannt werden kann. Einen schönen Beweis dafür, dass hier früher mit Pferden gesäumt wurde, erhielt man vor einigen Jahren, indem man in der Nähe der Alpenhütte »am Rofnerberg« (Hintereishütte), wo jetzt nur Schaaf- und einige Rinder geweidet werden, ein altes Hufeisen fand. Selbst die Hirten erkannten die Bedeutung desselben und befestigten es als Beweis für die Veränderungen des Gletschers an der Thüre ihrer Hütte mit der Umschrift: »Dies ist da gefunden«.

Wir theilen die Hütte mit der Originalschrift mit. Sie ist 1847 gezeichnet; 1848 hatte man nach sorgfältigem Suchen noch ein zweites Hufeisen gefunden. Der Weg ist schon seit dem vorigen Jahrhundert für Saumthiere unbrauchbar. Das Vorrücken des Hochjoches brauchte nicht sehr bedeutend zu sein um denselben unwegsam zu machen. Jetzt ist längst ein Still-

Fig. 57.



ДИСЪ ТОВА ОЦЕВУИДЕН
1848

Die Hintereishütte am Rofnerberge 6792 P. F.

stand eingetreten, indem der Gletscher sogar mehr als 30 Meter von seinen höchsten Grenzen absteht; diese Strecke ist durch Vegetationslosigkeit und polirte Felsen ausgezeichnet.

Eine sehr merkwürdige Erscheinung verwandter Art zeigt ein ganz kleiner secundärer Gletscher am Thaleit, welcher sich erst seit 50 Jahren da gebildet hat, wo vorher ganz unbedeutende Firnlager sich befanden. Ein früherer Seelsorger von Vent, Pfarrer GERSTGRASSER, hat dieses Stelle noch fast ganz schneefrei gekannt. Dieser und ein zweiter, der schon lange besteht, sind auf unserer Uebersicht des Venterthales sichtbar. Er hat seit seiner Entstehung stets etwas an Grösse zugenommen, allein bei der ungemeinen Neigung und der unregelmässigen Lage desselben ist ein grosses Vorrücken ebenso wie ein späteres Zurückweichen weniger auffallend.

Weit schwieriger ist es bei grösseren Gletschern, die seit einer Reihe von Jahren ein regelmässiges Vorrücken zeigen, zu entscheiden, ob sie das gewonnene Terrain wieder verlassen werden. Ein Umstand, der ihre Erhaltung sehr begünstigt, ist der, dass sie wegen ihrer grösseren Masse die Temperatur ihrer nächsten Umgebungen mehr zu deprimiren vermögen als kleinere Gletscher. Doch ist anderseits das Zurückweichen des grossen Glacier des Bois von seiner Moräne von 1820 ein Beispiel dafür, dass auch bei sehr bedeutenden Gletschern eine spätere Verminderung ihrer Masse nicht unmöglich ist.

Resultate.

1) Die Oscillationen der Gletscher hängen mit den Schwankungen der mittleren Jahrestemperatur zusammen; specieller mit der Grösse der Temperatur im Sommer und der Schneemenge des Winters.

2) Bedeckungen von Schutt und verwittertem Gesteine schützen die Gletscher sehr wesentlich vor dem Abschmelzen und tragen dadurch sehr bedeutend dazu bei, dass sie in (unregelmässigen) Perioden eine grössere Ausdehnung erreichen.

3) Erreicht dann ein Gletscher stark geneigte Stellen der Thalsole, so tritt bisweilen eine bedeutende Zerklüftung der Masse ein, und macht noch mehr eine plötzliche und ausgedehnte Vergrösserung möglich.

CAP. VII.

Substanzverlust der Gletscher.

Hydrographie. Verbreitung und Menge des Wassers. Abschmelzen an warmen Tagen. Vertheilung der Wasser im Innern des Gletschers. Wasserstuben. Menge des ausströmenden Wassers. Gletscherthore. Verschiedene Form derselben. Wirkung der Gegenöffnungen. Einfluss der Bedeckung auf das Abschmelzen. Erhöhung der Moränen. Tische und Regel. Einsinken kleiner Körper. Mittagslöcher. Rämme. Pilze. Mangel der Tische am Wassereise. Firntische unter Eisblöcken und organischen Massen. Messung der Abtragung. Beobachtungen an der Pasterze. Vertheilung auf die einzelnen Jahreszeiten. Ersatz der Abtragung. Specifische Neigung. Zusammendrängen und Anhäufen der Gletschermasse an einzelnen Punkten.

Vertheilung und Menge des Wassers.

Jeder Gletscher verliert an schönen Tagen durch Schmelzen eine grosse Menge seiner Masse; die zahlreichen Bäche, welchen wir auf seiner Oberfläche begegnen sind die unmittelbare Folge davon¹⁾. Da die Neigung der Gletscher zuweilen gering ist, so zeigt sich der Lauf der Wasserfäden oft unregelmässig und vielfach gekrümmt, nur längs der Moränen sind sie geradliniger und lassen sich oft bis zu den Firnmeeren verfolgen. Auch aus diesen erhalten sie bedeutenden Zufluss, da gerade der Firn wegen seiner grossen Auflockerung mehr Berührung mit der wärmeren Atmosphäre bietet.

Die Bäche erreichen fast nie das Gletscherende in ihrem Laufe an der Oberfläche, sie ergiessen sich gewöhnlich in Mühlen oder in Spalten; da diese nur sehr selten sich bis zur Unterfläche des Gletschers erstrecken, so muss das Wasser noch einige Zeit in Aushöhlungen des Eises circuliren, ehe es mit dem gemeinschaftlichen Bache sich vereinigt, der jedem Gletscherthore entströmt. Von der Existenz solcher grösserer und kleinerer Rinn-sale im Innern überzeugt man sich sehr häufig an spaltenreichen Gletschern oder an der Decke der Gletscherhöhlen. Das Geräusch des hinabfallenden Wassers, welches man oft

1) Ein Theil des Wassers kommt auch durch Condensation aus der nächsten atmosphärischen Umgebung des Gletschers. (Siehe Cap. XV.) Die Verdunstung ist aber dabei keineswegs ganz ausgeschlossen).

aus der Tiefe der Spalten und Mühlen vernimmt, ohne einen Bach auf der Oberfläche zu bemerken, wird ebenfalls von solchen Circulationen im Innern veranlasst.

Bisweilen finden sich auch grössere Ansammlungen im Eise, deren plötzliche Entleerung sogar das Niveau des Gletscherbaches merklich zu erhöhen vermag. Im Oetzthale, wo jede Veränderung im Stande des Baches so sorgfältig verfolgt wird, da sie einen Zusammenhang mit dem Durchbruche des Vernagtsees befürchten lässt, wurden sie mehrmals beobachtet; man hat solchen Ansammlungen im Gletscher den Namen »Wasserstuben« gegeben. Sie sind theils nach oben offen (wassererfüllte Spalten und Mühlen) theils liegen sie so tief im Eise, dass nichts an der Oberfläche ihre Existenz verräth. Sie scheinen besonders in sehr unregelmässigen Gletschern, z. B. am Vernagt, vorzukommen, wo sich ihre oft plötzlichen Entleerungen drei bis vier Mal im Jahre ereignen.

Eine besonders schöne Entleerung einer solchen Wasserstube wurde im Frühlinge 1845 bemerkt. In der Mitte des Gletschers 260' über dem jetzigen Wege nach der Hintereishütte, erhob sich nach der Versicherung des Pfarrers und des Nicodem Klorz aus einer grossen Kluft ein Wasserstrahl der 4 Klafter hoch empor sprang; er hatte anfangs $\frac{1}{4}$ Fuss Durchmesser und erhielt sich zwei Tagelang bei nach und nach abnehmender Höhe. Bei der grossen Neigung dieses Gletschers ist es in der That nicht unerklärlich, dass eine Wasserstube so gelegen war, dass ihr Ausfluss 5 bis 6' steigen musste, um das hydrostatische Gleichgewicht herzustellen.

Alle Wasser des Gletschers sammeln sich in jene Bäche, welche aus den Gletscherthoren austreten. Die Wassermenge derselben kann uns am besten einen annähernden Ueberblick über die Masse geben, die durch das Schmelzen dem Gletscher entzogen wird. Wir fanden im Oetzthale und an der Pasterze folgende Grösse in Cubikmetern für 4 Minute¹⁾.

<i>Pasterze</i> , Ausfluss aus beiden Gletscherthoren . . .	60	Cubikcentimeter.
<i>Hintereis und Hochjoch</i>	81	— — —
<i>Vernagt</i>	37	— — —

Fig. 58.



Schwimmende Eisblöcke.
a. Niveau des Gurglersees 6859 P. F. b. Relative Höhe des Blockes
b 35 F. c. Eiswände des grossen Oetzthalergletschers.

Die wiederholten Beobachtungen, welche diesen Zahlen zu Grunde liegen, sind unter solchen äusseren Umständen angestellt, dass sie als Mittelwerthe für die Sommermonate gelten können. Bisweilen geschieht es, dass sich das Schmelzwasser in der Nähe der Gletscher zu jenen Seen ansammelt, deren oft plötzliche Entleerungen uns noch später beschäftigen werden. Ihre

1) Ueber die Methode der Bestimmung vergl. Cap. XII. Zuflüsse, die von den Abhängen der Berge in den Gletscher sich ergossen, und unter dem Eise mit dem Gletscherbache sich vereinten, sind jedesmal abgezogen.

Oberfläche ist bisweilen sehr malerisch mit grossen schwimmenden Eismassen bedeckt, von denen wir eine besonders ausgezeichnete Gruppe aus dem Gurglersee in der nebenstehenden Zeichnung beifügen. Die Blöcke sind bereits theilweise abgeschmolzen; wobei die Formen stets abgerundet werden. Da die Oberfläche dieses Sees kurz vor unserem Besuche mit einer Lage von Schnee bedeckt wurde, die sich in dem kalten Wasser mehrere Wochen erhielt, so liess diese Decke auch den Platz anderer, bereits geschmolzener Eisblöcke daran erkennen, dass die früher in denselben eingeschlossene Luft unter der Schneedecke noch sichtbar war, ohne völlig aufsteigen und austreten zu können.

Die Bäche des Gletschers sind nicht ganz der unmittelbare Massstab für die Menge des Eises, welches nach und nach von der Oberfläche verschwindet, da auch die Verdunstung viel entführt, was nicht mehr in den Gletscherbach gelangt. Die Menge des Wassers hat Schwankungen die von der Temperatur der Atmosphäre abhängen, doch treten die Extreme der Bäche gewöhnlich etwas später ein, als jene der Temperatur. Dabei ist es auffallend, dass das Wasser selbst im Winter, während die Temperatur der Luft weit unter 0° sich befindet, nicht gänzlich versiegt. Die Menge, um welche das Wasser verringert wird, hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass der Gletscher in vielen Canälen Wasser suspendirt halte, welches noch lange Zeit nach dem Aufhören des Schmelzens durch langsames Austropfen den Ausfluss unterhalten könne, ein Vorgang, den wir an grösseren Gletschern fast in jeder Nacht beobachten können, während welcher die Temperatur unter 0° sinkt, da dadurch die Mächtigkeit der Gletscherbäche verhältnissmässig nur wenig verändert wird. Wir glauben jedoch nicht, dass diese Entleerung während des ganzen Winters fort dauere. Jenes Wasser, welches aus dem Gletscher selbst kommt, hat kein bestimmtes Rinnsal und bringt daher immer vielen Schlamm und viele Suspensionen mit sich, wodurch die eigenthümliche Trübung der Gletscherbäche entsteht. Die Masse des Winterwassers welche weit weniger Suspensionen enthält, dürfte daher grösstentheils den Quellen auf dem Gebiete des Gletschers zuzuschreiben sein. Bei kleineren Gletschern vermag oft die starke Kälte einer einzigen Nacht den Abfluss zu hemmen.

Gletscherthore.

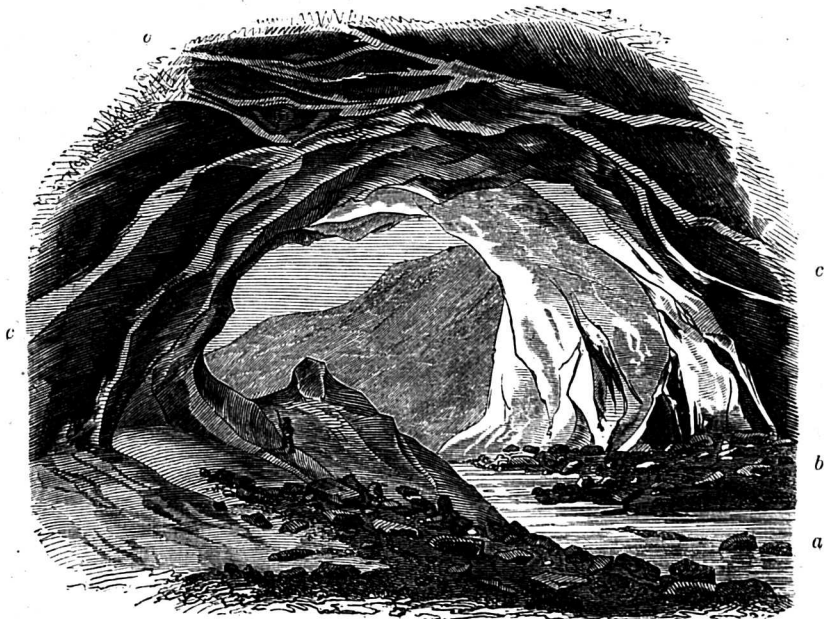
Die Wassermassen, die am Ende jedes Gletschers austreten, haben eine Temperatur, die stets etwas über 0° ist. Die Temperatur des Bodens, über welche der Bach hinläuft, und die Berührung mit etwas wärmeren Luftschichten wird dieses erklären. Hierdurch, und durch den Luftwechsel entsteht über jedem Bache eine Wölbung, doch ist diese von sehr ungleichen Dimensionen; ihre Formen lassen sich in 3 Gruppen bringen. 1) Zu der ersten rechnen wir jene Oeffnungen, welche von sehr geringer Höhe aber bedeutender Breite sind. Sie treten gewöhnlich ein, wenn das Thal sehr eben und keine Bachrinne in der Thalsole selbst deutlich eingegraben ist. Als sehr entschiedene Form dieser Art kann der Gletscher des Niederjoches bei Vent gelten; seine Ausflüsse verbreiten

ten sich in vielen Armen über die sandige Thalsole und vereinigen sich erst später zu einem gemeinsamen Bache. Bei vielen secundären Gletschern ist diese Erscheinung sehr häufig, weil sie ein weniger regelmässiges Thal einnehmen. 2) Am gewöhnlichsten sind Oeffnungen von 4 — 4 Meter Höhe; wir finden solche Höhlen fast an allen Gletschern. 3) Die Bildung grösserer Gewölbe hängt von äusseren Umständen ab, die nur selten eintreffen.

Eine Folge unmittelbarer Entfernung der Eismassen durch den Druck des Wassers war die schöne Oeffnung des Vernagt nach der Seeseite, im Herbst 1848. Solche gewaltsame Durchbrechungen des Eises sind edoch nur Ausnahmen. Die Bildung ausgehnter Höhlen wird gewöhnlich durch das Eintreten eines mächtigen Baches unter das Eis an irgend einer Stelle des Gletscherufers, oder durch den regelmässigen Ausfluss des Baches veranlasst.

Characteristisch für die Höhlen der ersten Art ist die grössere Unregelmässigkeit. Die Wände sind von sehr entwickelten Erosionsflächen bedeckt, bedeutende Eismassen reichen säulenförmig auf den Boden herab und der Bach strömt mit mächtigem Getöse in die tieferen, dunklen Theile des Gletschers hinab. Bei den eigentlichen Gletscherthoren hingegen haben wir meist grössere, gegen das Innere sich trichterförmig verengende Oeffnungen, deren Regelmässigkeit nur stellenweise durch massenhafte herabhängende Eismassen unterbrochen wird. Wir theilen hier eine Ansicht des schönen Thores am Marcellgletscher mit, von innen nach aussen gesehen.

Fig. 59.



Das Innere des Thores am Marcellgletscher.

a, Gletscherbach. b. Sand und Geschiebe. c. Herabhängende Eismassen an der Decke. Nach aussen sind Berge an der rechten Seite des Niederthales sichtbar.

Die Höhe beträgt am Eingange 20 Meter. Wir vermochten 210 Meter weit in das Innere vorzudringen, und hatten schon einigemale Gelegenheit, die Beobachtungen zu erwähnen, welche wir dort über die Structur des Eises u. s. w. anstellen konnten.

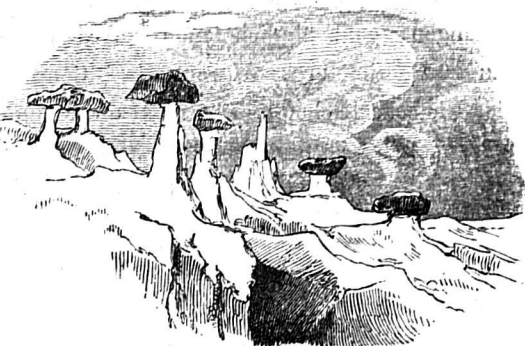
Für die Entstehung dieser Höhlen ist allerdings die Erosion durch grössere Wassermassen die erste Veranlassung; aber später hat auf die Ausbildung derselben die Circulation wärmerer Luftschichten den grössten Einfluss, daher setzen sie stets eine hinreichende, correspondirende Gegenöffnung voraus, die zuweilen auch durch sehr bedeutende Spaltenbildung ersetzt werden kann. Für den Marcellgletscher ist dieselbe in dem Einflusse des Niederjochbaches gegeben, während beim Pfandelbache die Luftcirculation dadurch sehr befördert wird, dass in mässiger Entfernung sich am linken Arme der Pasterze ebenfalls ein nicht unbedeutendes Gletscherthor befindet. Untersuchen wir die Luftströmungen genauer, so finden wir in jeder Höhle einen ausfliessenden kalten Luftstrom am Boden und einen einströmenden warmen an der Decke des Gewölbes¹⁾.

Die Form und Grösse dieser Höhlen sind vielen Schwankungen unterworfen, die mit den Oscillationen des Gletscherendes zusammenhängen, wovon man sich bei der Untersuchung derselben in verschiedenen Jahren oft überzeugen kann.

Einfluss der Bedeckung auf das Abschmelzen.

Eine Bedeckung des Gletschers durch Schutt macht ihren Einfluss auf doppelte Weise geltend, welche wir als positiv und negativ einander gegenüber stellen können. Sie trägt, wenn sie reichlich vorhanden ist, zur Erhaltung des Eises bei, indem sie die Oberfläche vor der Berührung mit der Atmosphäre und vor der direkten Besonnung beschützt; da aber ein solcher Körper zugleich Wärme absorbirt und in den meisten Fällen ein guter Wärmeleiter ist, theilt er die erhaltene höhere Temperatur dem Eise mit, und sucht es dadurch zu schmelzen. Es fragt sich demnach nur, unter welchen Umständen die eine oder die andere Einwirkung die Oberhand gewinnen wird. Ist der Körper, welcher auf dem Gletscher liegt von bedeutender Masse, und ist die Abnahme des Gletschers in seiner Umgebung gross, so wird der Stein oder die Moräne bald erhöht sein. Es dauert lange bis die ganze Masse sich so erwärmt, dass sie ein starkes Schmelzen der Unterlage verursachen könnte; befindet sie sich einmal auf einer Säule von Eis, so wird

Fig. 60.



Gruppe von Gletschertischen.

¹⁾ Die Beobachtungen selbst über diese Luftströmungen sind in der Meteorologie, bei der Betrachtung der Winde im allgemeinen mitgetheilt. Vergl. Cap. XIV.

sich diese immer mehr verdünnen, bis endlich der Stein auf seiner spitzen Unterlage nicht mehr ruhen kann und herabfällt. Das Schmelzwasser wird zugleich, indem es an der Oberfläche der Säule herabfliesst und sich darüber ausbreitet, durch Verdunsten und die damit vereinte Wärmebindung dazu dienen, die Stütze des Tisches den zerstörenden Einflüssen der Atmosphäre länger zu entziehen. Eine starke Neigung der Unterlage macht die Bildung einzelner Tische sehr schwierig.

Erhebt sich bei starker Neigung ein Stein über das Eis, so wird sein vorderes Ende nicht mehr durch Reibung festgehalten; er gleitet nach vorwärts, während zugleich der hintere blossgelegte Rand der kaum entstandenen Säulen rasch verschwindet; der Stein bleibt also immer nahe der Oberfläche, und erhält zugleich eine kleine vorwärts schreitende Bewegung, welche unabhängig von jener des Gletschers ist.

Ist jener Körper, welcher auf der Oberfläche des Eises den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, von kleinen Dimensionen, etwa ein Stein von 5 bis 6 CM. Durchmesser oder feiner, zerstreut liegender Sand, so wird er sich wegen seiner geringen Dimensionen schnell bedeutend erwärmen; diese Körner theilen dann dem Eise ihre Wärme mit, veranlassen dadurch kleine Grübchen und senken sich auf den Boden derselben nieder. Dann ist auch die Wirkung des Schmelzwassers gerade die umgekehrte: in einen kleinen Trichter vereint, nach unten durch eine dunkle Basis begünstigt, wird es sich sehr leicht erwärmen und die Vertiefung immer grösser machen. Wir fanden an manchen Gletschern diese Grübchen bis zu 12 Centimeter Tiefe. Diese letztere scheint schneller zuzunehmen als die Abtragung selbst; denn nach sehr schönen Tagen waren sie nicht selten $\frac{1}{2}$ bis 1 Centimeter tiefer. Der Einfluss kleiner dunkler Körper auf das Schmelzen des Eises lässt sich auch sehr deutlich erkennen, wenn man ein schwarzes Pulver, etwa Kienruss oder dergl. auf die Gletscheroberfläche ausstreut; schon nach wenigen Tagen wird diese Stelle gegen die Umgebungen merklich vertieft.

Da die Gletscherbäche besonders in der Nähe der Moränen viel Sand mit sich reissen, der nach und nach auf ihren Boden niederfällt, so machen sich auch dort solche Vertiefungen, ganz ähnlich jenen der Gletscheroberfläche, bemerkbar, die wir bisweilen zu 10 Centimeter Tiefe und 3 — 4 Centimeter Weite ausgedehnt fanden. Es gibt wenige Gletscherbäche, welche nicht diese raue Unterfläche zeigen. Nur nach plötzlichen Schneefällen ist dieselbe durch Niedersinken durchwässerter Schneelagen glatt; wenn die Kälte einige Tage andauert und die neue Schicht gefriert, so währt es lange, bis das kalte Wasser diese Decke zu entfernen vermag. Sie findet sich in secundären Gletschern sehr häufig und im Frühlinge beim ersten Thauen selbst in allen Bächen der grösseren Gletscher. Die Beweglichkeit des Wassers auf einer so glatten Unterlage ist ungemein gross; wir fanden sie an stark geneigten Stellen bei grossen Bächen = 22 Par. Fuss in der Minute.

Infiltrationsflüssigkeiten, über die Oberfläche des Gletschers ausgegossen, füllen die Vertiefungen aus, und tragen sehr dazu bei dieselben deutlich zu machen; man be-

merkt dabei kleinere Löcher, auf deren Boden sich ein Paar Sandkörner finden. Diese Erweiterungen sind auch am Wassereise gegen Ende des Winters sehr häufig.

Kleine Körper in Massen vereint und eng neben oder über einander lagernd bewirken wie ein einziger grosser Stein Erhöhungen, werden sie aber mehr zerstreut, so entstehen sogleich wieder die erwähnten Vertiefungen. Diese Schuttmassen bedecken oft in geringer Dicke grosse kegelförmige Erhöhungen des Eises, die »Schuttkegel«, die sich häufig in der Nähe der Moränen finden¹⁾. Werden durch die Gletscherbäche grössere Massen Sandes an irgend einer Stelle angeschwemmt, so kann auch dort ein Schuttkegel entstehen. Die geringste Verdünnung der Decke reicht hin, den schützenden Process in den zerstörenden überzuführen, welche Erscheinung sich selbst an einzelnen Stellen der Oberfläche noch wohlhaltener Schuttkegel bemerkbar macht. Jene Stellen welche gar nicht mehr bedeckt sind, schmelzen langsamer, als spärlich bedeckte. Sie erheben sich bald über die Wände des Kegels und nehmen jene rauhe Oberfläche an, welche dem Gletschereise eigenthümlich ist, während alle Moränen und Schuttkegel von dem Schmelzen glatt erhalten werden. Diese kleinen erhabenen Stellen, wir wollen sie »Kämme« nennen, sind sehr wasserleer, mithin fast weiss wie Schnee, während das Eis der Moränen, dessen Poren und Haarspalten mit Schmelzwasser gefüllt sind, dunkel erscheint. Durch die allmähliche Erhöhung werden die Wände der Schuttkegel immer steiler, zugleich verlieren sie durch das Herabrollen des Sandes immer mehr von ihrer Bedeckung, so dass zuletzt oft eine ausgedehnte kreisförmige Gruppe von Vertiefungen die Stelle der früheren Erhöhung bezeichnet. Die Kämme treten ausser den Schuttkegeln an allen Stellen auf, welche stark mit Schutt bedeckt sind; beim Begehen stark geneigter Stellen gewähren sie dadurch einigen Vortheil; dass sie, obwohl nacktes Eis, doch ein sichereres Auftreten erlauben als der Schutt der Moränen, der gewöhnlich sehr lose auf glatter Unterlage ruht.

Durch die Vertheilung des Schuttes werden an der Oberfläche des Eises noch andere Formen hervorgerufen, wenn flache Stellen des Gletschers mit Sand so bedeckt sind, dass dazwischen kleine freie Stellen bleiben.

Da die mit feinem Sande bedeckten Theile des Eises etwas rascher schmelzen als die unbedeckten, so müssten sich dadurch kleine cylinderförmige Erhöhungen bilden. Jedoch durch die Berührung der unteren Theile mit den erwärmten Sandkörnern werden diese ebenfalls immer mehr angegriffen und es entstehen dadurch nach und nach Formen, welche denen eines ungestürzten Kegels sehr ähnlich sind. Diese »Gletscherpilze« bedecken die Blöcke, welche in Gletscherseen umherschwimmen, so häufig, dass wir auf 25 Quadratdecimeter Oberfläche zuweilen 12 bis 18 derselben zählten. Ihre Höhe erreicht 4 — 10 Centimeter. Ihr Auftreten ist an wenige Localitäten gebunden;

¹⁾ Die Häufigkeit und Grösse der Schuttkegel auch auf den norwegischen Gletschern erwähnt NAMMANN: Beiträge zur Kenntniss Norwegens, Bd. 2. S. 206.

vor allem ist es nöthig, dass die Körnerbildung so entwickelt sei, dass das Schmelzwasser sich nicht in der Nähe der Sandkörner anhäuft sondern sogleich versinkt, da sich dann die Sandkörner weit mehr erwärmen, und auch die Bildung von wassererfüllten kleinen Vertiefungen verhindert ist. Wir sahen sie gewöhnlich nur an losen Gletscherblöcken.

Ein sehr langsames Schmelzen des Gletschers würde die Bildung aller dieser Erscheinungen nicht begünstigen, am wenigsten die Erhöhung durch Bedeckung grösserer Massen, die »Tische«. Diess zeigt sich sehr deutlich am Mangel aller Tische bei dem gewöhnlichen Wassereise. Hier sinken alle Steine ein. Allerdings sind die meisten derselben sehr klein im Verhältniss zu den riesigen Blöcken der Moränen; aber manche derselben wären noch immer gross genug, um auf dem Gletscher Tische zu bilden. Die Niveauabnahme des Eises geht hier so langsam vor sich, dass der Stein sich gleichzeitig genug erwärmt, eine Vertiefung im Eise hervorzurufen. Anhäufung von schlecht leitenden Gegenständen z. B. von Blättern, gibt auch hier Veranlassung zu Erhöhungen. Auch am Firne bilden bekanntlich die Steine keine Tische, obwohl hier die atmosphärischen Bedingungen ebenso vorhanden wären, wie am Gletscher. Aber dort tritt das spezifische Gewicht der Steine hindernd entgegen; sobald die Temperatur über 0° steigt, lockert sich der Firn zu Körnern auf; der Stein sinkt in der nachgiebigen Unterlage ein; wenn auch die Abnahme durch Schmelzen und Verdunsten sehr gross ist, so wird sie doch nicht im Stande sein, den schweren Stein auf ein Säulchen verschiebbarer Firnkörner zu stellen. Dass die übrigen Bedingungen zu Tischen vorhanden sind, sehen wir daraus, dass sich Körper von einem geringeren spezifischen Gewicht auf allen Firnmeeren, und selbst auf allem körnigen Schnee auch fern von Gletschern zu wirklichen Firtischen erheben. Am gewöhnlichsten sind die Decken solcher Säulchen Rasenstücke von Gramineen und Moosen, welche der Sturm oder heftige Regengüsse nicht selten von ihren hohen Standorten losreissen. Interessant war auch ein hierher gehöriger Fall, den wir auf dem Firnmeere der Pasterze beobachteten. Eine Stelle war mit Firtischen bis zu 4 Meter Erhebung reichlich besetzt. Es schien in einiger Entfernung, als bildeten dünne Steinplatten die Decken, nähere Betrachtung zeigte jedoch, dass es Eisstücke waren, die durch das Abbrechen eines höher gelegenen secundären Gletschers hierher kamen. Sie schmelzen etwas langsamer als der Firn, und schützen diesen so lange, bis sie selbst verschwinden. Gemeinschaftlich allen Erhöhungen ist es, dass sie auf der Südseite zuerst anfangen merklich abzuschmelzen; die Steine fallen daher alle auf dieser Seite herab.

Unter den Vertiefungen sind wegen ihrer Regelmässigkeit besonders die Mittaglöcher hervorzuheben, kleine Wasserbecken, die sich hinter Erhebungen von Eis befinden. Sie haben eine geradlinige Contour nach Süden und eine kreisförmig gekrümmte nach Norden; dort sind sie zugleich tiefer. Sie verdanken ihre Entstehung dem Sande, der auch stets auf ihrem Boden zu finden ist, ihre Form hingegen der Beschattung durch den kleinen Hügel an der Südseite. Frei liegende ähnliche Vertiefungen sind alle rund oder oval ohne

besondere Eigenthümlichkeiten. Die letzteren heissen »Wannen (Baignoires)«; auch sie bilden bei allmählichem Ausfüllen durch Eis jene sternförmigen Figuren, die wir bereits bei den wassererfüllten Spalten erwähnten.

Messungen der Abtragung.

Die Beobachtungen über die Grösse der Abtragung wurden am passendsten an den Pfählen angestellt, welche zugleich als Bewegungssignale dienten. Wir bezeichneten nach ihrer ersten Befestigung jenen Punct, der gerade in der Höhe des Eises sich befand mit einem Striche, und massen, um wie viel sich nach einer gegebenen Zeit dieser Strich über das Eis erhoben hatte; dieses ist die Grösse, um welche dasselbe abgeschmolzen war. Diese Versuche wurden auch an zwei Stellen im Firne gemacht; einmal an jenem Lawinenreste, der unmittelbar bei der Johannishütte lag, das andere Mal bei der Besteigung des Grossglockners am 29. Aug. am Firnmeere des Leitergletschers. Gleichzeitig untersuchten wir an zwei Gletschertischen ihre allmähliche Erhöhung. An der Säule eines dritten Tisches, welcher seines Steines beraubt war, wurde beobachtet, wie schnell er seiner Verflachung entgegenrückte. Die Resultate sind in einer Tabelle vereinigt, doch dürften derselben noch folgende Erklärungen vorzuschicken sein.

Der Tisch No. 1 befindet sich nahe bei der grossen Mühle (Linie B Johannishütte). Die Firnmasse No. 2 ist ebenfalls dort. Sie füllt eine kleine Schlucht aus, und ist der Rest einer Lawine, welche jährlich dort niederfällt. Die Höhe der Beobachtung am Leitergletscher beträgt 8950 P. F. Der Tisch in der Nähe des Hohen Sattels war der tiefste der ganzen Beobachtungsreihe. Die Pfähle sind ebenso bezeichnet wie bei den Bewegungsversuchen. Wo in der Spalte der Abtragung bei den Angaben nicht besonders »erhöht« bemerkt worden ist, hat man stets eine Verminderung der Höhe zu verstehen.

Abtragung der Pasterze.

No.	Name des Beobach- tungs-Ortes.	Datum der ersten Beobach- tung.	Datum der letzten Beobachtung.	Zeit zwischen zwei Beobach- tungen.	Abtragung.	Mittel für 24 Stunden.
1	Tisch bei der Mühle 109 Centimeter hoch.	15. August	2. Sept.	18 Tage	13 Cntim. (erhöht)	0,7 Ctm.
2	Firn, Lawinenreste bei der Johannisque.	25. August	6. Sept.	12	120	10,0
3	Pfahl b ¹	16. August	5. Sept.	20	56	2,8
4	Pfahl b ²	16. August	5. Sept.	20	51	2,6
5	Pfahl b ³	26. August	6. Sept.	11	33	3,0
6	Pfahl b ⁴	26. August	6. Sept.	11	30	2,7
7	Pfahl b ⁵	26. August	6. Sept.	11	31	2,8
8	Tisch beim Hohen Sattel 191 Centimeter hoch.	20. August	6. Sept.	17	14 (erhöht)	0,8

No.	Name des Beobach- tungs-Ortes.	Datum der ersten Beobachtung.	Datum der letzten Beobachtung	Zeit zwischen zwei Beobach- tungen.	Abtragung.	Mittel für 24 Stunden.
9	Postament eines frö- heren Tisches eben- daselbst.	20. August	6. Sept.	17 Tage	3 Cntim.	0,2 Ctm.
10	Firnmeer des Leiter- gletschers.	29. August 8 ^h a. m.	29. August 4 ^h p. m.	0,3	6	—

Die Pfähle der Station *B* (Johannishütte) geben eine Abtragung, welche beinahe als gleich angesehen werden kann. Die beobachteten Verschiedenheiten sind durch Veränderungen in den Witterungsverhältnissen bedingt, in dem 3 und 4 in eine Periode schlechteren Wetters fallen; besonders ungünstig war der Schneefall am 24. August.

Auffallend ist, dass die Gletschertische sich nicht in dem Maasse erheben, in welchem die Oberfläche des Eises abnimmt. Es spricht diess wohl sehr deutlich dafür, dass die Steine sich hinlänglich erwärmen, um ihr Piedestal etwas abschmelzen zu machen, und es scheint sich demnach bei solchen Tischen das Erheben zur Abtragung des Gletschers ungefähr zu verhalten wie 4 : 3. Die höchsten Tische (fast ausschliesslich das Product eines einzigen Jahres, wie wir später sehen werden) überstiegen nach unseren Beobachtungen im allgemeinen nicht 1,5 bis 2 Meter. Die Abtragung ist vorzüglich im Juli, August und September lebhaft; theilweise findet sie aber auch noch im October statt. Im Mai und Juni wird die Wärme vorzüglich zur Entfernung der Schneedecke verwendet, und wenig Masse dem Gletscher selbst entzogen. Können wir 3 Centimeter als Mittel für einen Sommertag annehmen, so beträgt die jährliche Abtragung ungefähr 3 Meter. Agassiz erhielt aus seinen sehr sorgfältigen Beobachtungen 3 bis 3,5 Meter.

Das Niveau des Gletschers kann ausser durch die Sonnenwärme auch durch das Schmelzen an der Unterlage, oder durch ein langsames Sinken, bedingt durch Auswaschungen der Gletscherbäche, verändert werden; das letztere dürfte dabei das Schmelzen wohl bei weitem übertreffen. FORBES suchte diese Senkung (*subsidence*) zu bestimmen und fand dass sie an zwei Puncten des Glacier des Bois 31 und 26 proc. ausmachte, die äussere Abtragung betrug 69 und 74 proc.¹⁾ Fällt der Stein eines Tisches herab, so wird, wie No. 9 der Tabelle zeigt, der Stumpf desselben allmählich kleiner werden; weil seine tiefer liegende Umgebung, nämlich der flache Gletscher selbst, denselben Einflüssen ausgesetzt ist. Nur die grössere Fläche, welcher der erstere der Berührung mit der Atmosphäre entgegen stellt, kann sein Kleinerwerden erklären. Sehr bemerkenswerth ist auch das ungleich schnellere Schmelzen von Firnmassen. Die Lawine der verhergehenden Tabelle, in unmittelbarer Berührung mit dem Gletscher, hat gewiss alle Bedingungen der Temperatur u. s. w. mit ihm gemein. Allein dennoch übertrifft ihr Abschmelzen jenes am Eise um mehr als das Dreifache. An den sehr warmen Tagen des

1) *Eleventh letter in Jameson's new phil. journal* 1847. Bd. 41. S. 344.

28, 29 und 30. August betrug das Abnehmen an dieser Stelle 16 Centimeter in 24 Stunden. Auch die Firnmeere des Leitergletschers schmolzen um das Doppelte schneller als die Linie *B* der Pasterze, obwohl Nummer 22 um 1200 Fuss höher lag als die übrigen. Ein ähnliches Verhältniss muss auch zwischen Schnee und Firn statt finden. Allein der Schnee liegt im frisch gefallenen Zustande so locker, und verändert durch sein eigenes Gewicht so sehr die Grösse seiner Schichten, dass es sehr schwer sein dürfte einen bestimmten Compressionszustand als normalen auszuwählen. In den tieferen Regionen wird der Gletscher ebenfalls mehr schmelzen als in den höheren, obwohl wir diese Differenz leicht zu hoch anschlagen könnten. Denn durch eine eigenthümliche Luftströmung geschieht es, dass die Oberfläche der Firnmeere, welche zuerst die Luft abkühlt, die später über den ganzen Gletscher herabströmt, auch dadurch wesentlich zur Erhaltung des letzteren beiträgt.

Ersatz der Abtragung.

Im Frühlinge sind nach dem langen Winter dieser Höhen alle Wirkungen der sommerlichen Abtragung fast spurlos verschwunden. Die Tische, im Herbste auf hohen Postamenten aufgerichtet, liegen wieder der Ebene des Gletschers bedeutend näher. Die hohen Wälle der Moränen sind eingesunken und der Gletscher selbst hat sich wieder zu jener Höhe erhoben, welche man vielleicht an den Contouren der Ufer im vergangenen Herbste als das Maximum des vorigen Jahres erkannt hat.

Es liegen hier zwei getrennte Erscheinungen vor. Das Niedererwerden aller Erhabenheiten am Gletscher ist eine Wirkung der winterlichen Schneedecke. Die leichte Beweglichkeit des Schnees macht, dass er durch die Stürme von den höheren Punkten weg geweht und ungeachtet aller Unebenheiten der Unterlage in eine gleichmässige Fläche ausgebreitet wird. Die Tische und Moränen als die höchsten Punkte werden beim Thauen desselben zuerst auf der Oberfläche erscheinen, während alle Wärme, welche den Gletscher neben einer solchen Erhöhung trifft, dazu verwandt werden muss, die Schneedecke abzutragen; die Moränen und dergl. werden vom Schnee nicht mehr geschützt sein, und dadurch bedeutend an Höhe verlieren. Dass der Gletscher nach jedem Winter an einem gegebenen Orte wieder mit geringen Schwankungen die Höhe des vorhergegangenen Jahres erreiche, lässt sich aus der winterlichen Schneedecke nicht ableiten; für ihre Erklärung ist der Längendurchschnitt eines Gletschers sehr wichtig.

Es sei die Tiefe eines Gletschers da, wo er das Firnmeer verlässt,

$$= 300 \text{ Meter} = dh$$

Seine horizontale Länge betrage 6000 Meter

$$\text{Die Dicke am Ende} \dots \dots \dots 20 \text{ - } = gc$$

ab sei eine horizontale

Linie, mit welcher *cd*

die Sohle des Thales ei-

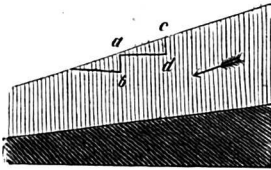
nen Winkel von 4^0 bilde; *a*

Fig. 61.



gh , die obere, und cd die untere Contour des Gletschers müssen daher einen Winkel bilden, der unabhängig von der Neigung des Thales ist; wir wollen den Winkel had die spezifische Neigung des Gletschers nennen. Die Neigung, welche wir durch directe Messung an der Oberfläche des Gletschers erhalten ist die Summe aus dieser und der Neigung des Thales = Winkel bag . Für unseren Fall ist die spezifische Neigung = $2^{\circ} 52'$. Wäre der Gletscher statt 6000 Meter 8000 lang, so wäre bei übrigens gleichen Bedingungen die spezifische Neigung = $1^{\circ} 20'$. Kleinere kürzere, Gletscher sind auch stets weit dünner; wir werden daher selten eine spezifische Neigung erhalten, die 3° weit übersteigt. Sie ist auch die Ursache, dass wir, wie allgemein anerkannt, keinen Gletscher unter 3° mittlere Neigung finden werden, da ein vollkommen horizontales Thal ohnehin nie zu erwarten ist, und die Neigung der Gletscheroberfläche die Summe aus der spezifischen Neigung des Gletschers und der Senkung der Unterlage ist. Diese spezifische Neigung ist es, welche verbunden mit der Bewegung die Abtragung durch die Sommerwärme theilweise ersetzt.

Fig. 62.



An einem Punkte habe das Schmelzen des ganzen Jahres $ab = 3$ Meter betragen. Zugleich hat sich der ganze Gletscher nach abwärts bewegt und es ist an die Stelle a der Punkt c gekommen. Wenn auch c während des Jahres eine Abtragung $cdf (= ab)$ erlitten hat, so wird dieser Punkt wegen seiner ursprünglichen höheren Lage doch die Höhe des Punktes a wenigstens theilweise ersetzen müssen. Dass die Neigung der Linie ac gegen die Horizontale darauf keinen Einfluss hat, sondern nur die spezifische Neigung folgt nothwendig aus der vorhergehenden Figur, da wir den Gletscher in jede Lage gegen die Horizontale bringen können, ohne dadurch die gegenseitige Dicke des Eises unter den Punkten a und c zu ändern.

Es fragt sich nun, bis zu welchem Grade die Bewegung des Punktes c nach a die Abtragung zu ersetzen vermag. Da diese vollständig in die Sommermonate fällt, die Bewegung aber auf das ganze Jahr sich vertheilt, so lässt sich erwarten, dass die Abtragung durch die Bewegung im Sommer allein auf keinen Fall ersetzt werde, und wir finden auch stets die Gletscher am Ende des Sommers an allen Theilen niedriger, d. h. dünner als sie am Anfange des Frühlings waren. Nach der Periode eines ganzen Jahres ist zwar der Gletscher wieder zu seiner früheren Höhe erhoben; allein das allmähliche Nachrücken höher gelegener, dickerer Punkte reicht nicht hin, dasselbe vollständig zu erklären. Würde dieses allein die Niveauperänderungen ersetzen, so müssten die Differenzen der Dicke, oder, was dasselbe ist, die spezifische Neigung weit grösser sein, als wir nach allen Voraussetzungen annehmen dürfen. Dann müsste, wenn, was häufig der Fall ist, ein Block 400 Jahre braucht, um aus den oberen in die unteren Regionen zu gelangen, bei einer jährlichen Abtragung von 3 Metern die Eismasse unter demselben 300 Meter weniger dick sein, als sie an der höher gelegenen Station gewesen war. Nun findet man aber oft an solchen unteren Stationen noch eine Tiefe von 200 Metern; man würde daraus für die oberen Regionen Tiefen von 500 — 600 Metern erhalten, Grössen, welche

die Wirklichkeit gewiss bei weitem übertreffen. Man muss daher noch eine andere Ursache der Erhöhungen voraussetzen; wir glauben dieselbe mit einiger Wahrscheinlichkeit in der ungleichen Bewegung suchen zu dürfen, die wir schon früher in den verschiedenen Theilen des Gletschers kennen lernten. Als Analogie für die Niveauerhöhungen durch veränderte Bewegung können wir die Auftreibung des Gletschers vor seinem Durchgange durch engere Thalparthieen, und manche ähnliche Fälle anführen.

Resultate.

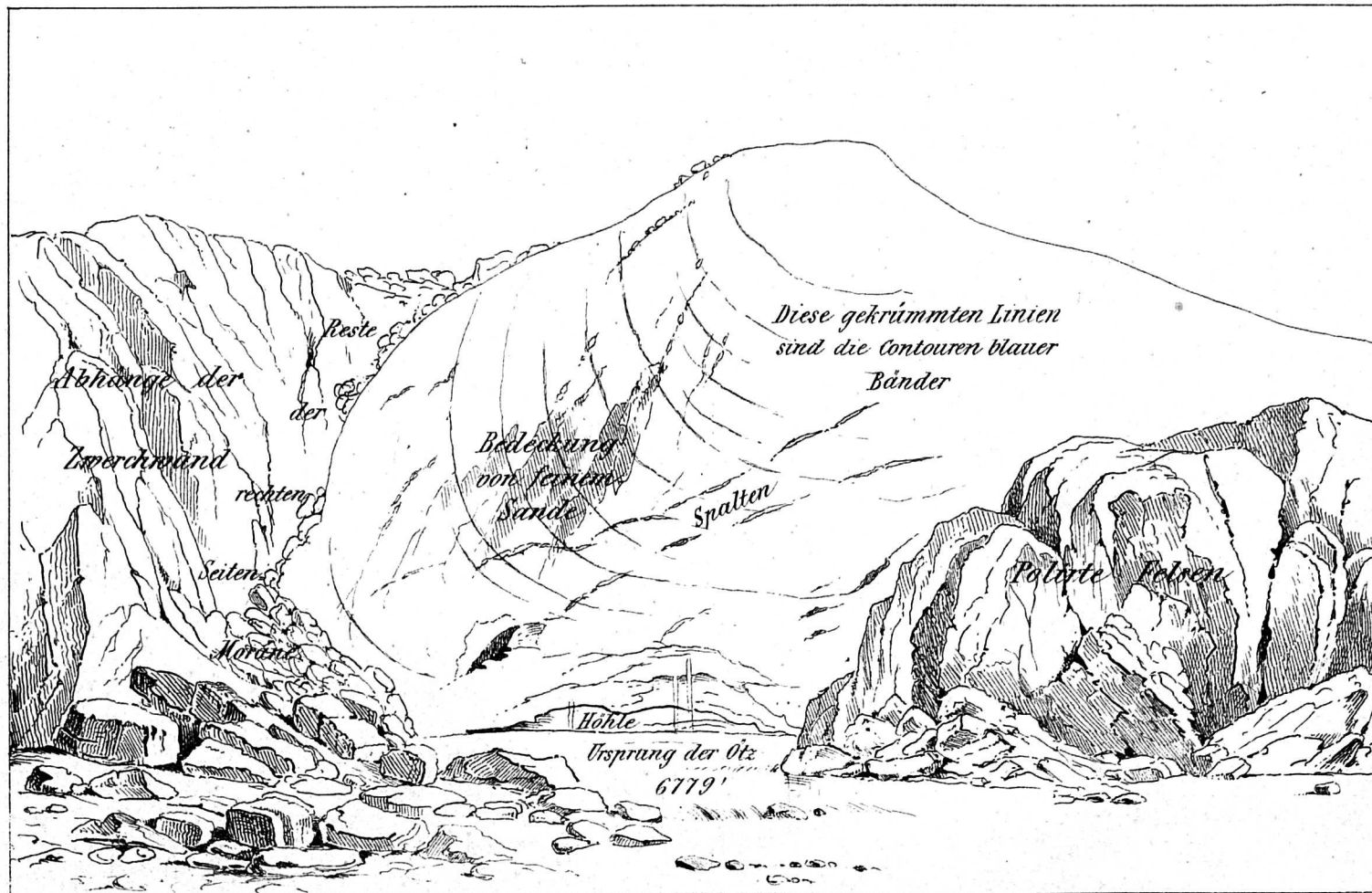
1) Die Masse des Eises wird durch Abschmelzen im Sommer bedeutend verringert; doch erhalten die Gletscherbäche auch während eines grossen Theiles des Winters noch beständigen Zufluss durch allmähliches Entleeren der Canäle im Eise.

2) Die Luftströmungen an den Austrittsstellen der Bäche sind es vor allem, welche die grossen Gletscherthore bilden; es ist für ihre Entstehung besonders günstig, wenn noch eine zweite, eine Gegenöffnung existirt.

3) Kleine Körper, einzeln auf der Oberfläche zerstreut, befördern die Abtragung, in grösseren Massen aber zusammengehäuft, verhindern sie dieselbe und bewirken dadurch bedeutende Erhöhungen über die Umgebung.

4) Die jährliche Abtragung beträgt im Mittel zwischen 3 und 3,5 Meter.

5) Die Abtragung wird grossentheils durch die Bewegung der Gletscher, verbunden mit der specifischen Neigung derselben, ersetzt; jedoch scheint darauf an manchen Stellen ein bedeutenderes Anhäufen der Gletschermasse in Folge der ungleichen Bewegung von Einfluss zu sein.





Nach d. Nat. gez. von Herrn. Schlagintweit 1857.

Gedr. b. Winckelmann u. Söhne in Berlin.

Lith. v. H. Mützel.

Das Ende des Hintereisgletschers.

II.

Geologische Untersuchungen.

CAP. VIII.

Hypsometrische Bestimmungen.

Methode der Bestimmung. Instrumente. Stationen der correspondirenden Beobachtungen. Höhenbestimmung des Grossglockners. Erläuterung der Spalten. Quellenangabe der verglichenen früheren Bestimmungen. Gruppierung der Beobachtungsorte. Tabellen der Höhenbestimmungen. I. Nördliche Kalkalpen. II. Centralalpen. Tauern. III. Centralalpen. Oetzthaler Gruppe. IV. Pässe zwischen dem Eisack- und Oetzthale. V. Südliche Abfälle. Anhang. Ueber einige Bergspitzen dieser Gruppen. VI. Bemerkungen über die wichtigsten Erhebungen der Alpen.

Methode der Bestimmung.

Ausser dem Interesse, welches hypsometrische Bestimmungen an sich verdienen, haben sie in einem Gebirgszuge von so mächtiger Erhebung wie die Alpen noch eine grosse Bedeutung für verschiedene andere Untersuchungen. Selbst bei rein geognostischen Beobachtungen dürfen wir sie nicht vernachlässigen. Wir werden bei den Betrachtungen über die verwickelten Verhältnisse der Thalbildung und über die Bildung und Temperatur der Quellen Gelegenheit haben, dieselben als wesentliche Basis zu benutzen. Auch die Genauigkeit und der Werth aller meteorologischen und pflanzengeographischen Untersuchungen in den Alpen ist von den zu Grunde liegenden Höhenbestimmungen abhängig. Es sind unsere sämmtlichen Höhenbestimmungen, welche in diesen verschiedenartigen Beziehungen angestellt wurden, in den folgenden Verzeichnissen vereinigt. Wenn später Höhen angeführt werden, welche mit denen der Tabelle nicht ganz übereinstimmen, so bitten wir, diess so zu verstehen, dass die später angeführten Punkte in der Nähe von hypsometrisch bestimmten Localitäten sich befanden, ohne mit denselben völlig identisch zu sein, wobei die kleinen Differenzen durch Messungen mit dem Porrhometer oder durch Interpolationen ergänzt wurden.

Die Beobachtungen wurden mit einem Heberbarometer und einem Thermobaro

Als Beispiel der Berechnung diene unsere Beobachtung auf der Spitze des Grossglockners¹⁾:

Höhenbestimmung des Grossglockners.

Zeit der Beobachtung 29. Aug. 1848. 12^h 30 p. m.

Barometer zu Klagenfurt	$b \left\{ \begin{array}{l} 728,4^{\text{mm}} \\ 0 \text{ R.} \end{array} \right.$
— am Grossglockner	$b' \left\{ \begin{array}{l} 479,4^{\text{mm}} \\ 3,8 \text{ R.} \end{array} \right.$
Summe der Lufttemperaturen an beiden Stationen $t + t' =$	49,(2) R.
Geographische Breite	47° N.
Sättigungsgrad in Klagenfurt	0,56
— am Grossglockner	0,47
	Mittel 0,5(1)

$$\log. b = 2,86219 \text{ Corr. } 0.$$

$$\log. b' = 2,68070 \text{ Corr. } -38$$

$$0,18149 \quad + \quad 38$$

$$u = 0,18187.$$

$$\log. u = 9,25976$$

$$A = 4,28460$$

$$\text{Corr. } - 9$$

$$r = 3,54427$$

$$\text{Corr. } + 24$$

$$3,54451 = \log. 3503,6 \text{ Meter} = 10785,5 \text{ P. F.}$$

$$\text{Absolute Höhe von Klagenfurt } 438,1 \quad ,, \quad = \quad 4348,7 \quad ,,$$

$$\text{Corr. für das Psychrometer } + 7,8 \quad ,, \quad + \quad 24,0 \quad ,,$$

$$3949,5 \text{ Meter} = 12158,2 \text{ Par. Fuss}$$

$$= 2026,36 \text{ Toisen.}$$

Wir fügen hier sogleich die früheren Bestimmungen dieses Berges an. MOLL giebt ihn zu 12978 P. F. an in BAUMGARTNERS Naturlehre, Supplementband Seite 977, was offenbar zu hoch ist. Eine barometrische Messung des Pater SCHIEGG, Professor der Mathematik zu Salzburg, ergab 11982 P. F., in SCHULTES Glocknerreise 1804, Bd. 2, Seite 308. Seine Bestimmungen sind mit grosser Umsicht ausgeführt; wir müssen jedoch bemerken, dass sie auch an anderen Puncten stets etwas niedriger sind, als die unseren.

gen ausführlich vorgelegt haben; da jedoch viele unserer Puncte in verschiedenen Jahren wiederholt bestimmt wurden und sehr oft eine Reihe von Ablesungen zu Grunde lag, so wäre die Mittheilung derselben sehr erschwert und der Umfang der Tabellen zu weit ausgedehnt worden.

1) Zweite Spitze, höchster Punct dieses Berges. Zu unserem grössten Bedauern hatte sich bei der ersten Berechnung unserer Bestimmung, abgedruckt in BERGHAUS physikalischem Atlas, Gotha 1850, ein Irrthum eingeschlichen, wodurch die Höhe um 9 Toisen verändert wurde.

Die correspondirenden Beobachtungen waren theils in Heiligenblut, theils in Salzburg angestellt; es lässt sich nach so langer Zeit nicht mehr wohl ermitteln, worin der Grund dieser Differenzen lag. Diese Höhenbestimmung findet sich später einigemal wieder angeführt; sie ist z. B. auch von Herrn von WELDEN¹⁾ in seiner sorgfältigen und kritischen Zusammenstellung der bedeutendsten Alpengipfel beibehalten worden.

In dem Auszuge aus den Protocollen der k. k. Catastral-Landesvermessung von A. BAUMGARTNER²⁾ ist Seite 76 die Höhe von 1998,51 Wiener Klaftern angegeben (= 11669 P. F.). Diese Höhe ist jetzt wohl die verbreitetste.

Wir dürfen vielleicht bemerken, dass die Zahl in Wiener Klaftern 1998,51 von der SCHIEGG'schen Höhe in Toisen von 1997,09 nur um 1,42 Einheiten abweicht. Es wäre wohl möglich, dass man diese SCHIEGG'sche Bestimmung mit in die Tabellen aufnahm, wobei jedoch unberücksichtigt scheint, dass seine Angaben in Toisen sind. Die Toise verhält sich zur Wiener Klafter wie 1:1,0276; indem man später in den Handbüchern das Wiener Maas wieder auf Pariser Fuss reducirte, musste die Höhe des Grossglockners weit geringer werden, als sie SCHIEGG angegeben hatte. Wir wüssten uns sonst nicht wohl zu erklären, warum die trefflichen Bestimmungen des österreichischen Generalstabes gerade an diesem Punkte so sehr von den Resultaten von SCHIEGG und von den unsrigen abweichen sollten.

STAMPFER und THURWIESER stellten ihre letzten Barometer-Beobachtungen an den Abhängen dieses Berges in einer Höhe von 11547 P. F. STAMPFER

11541 „ THURWIESER (Seite 21)³⁾ an.

Den Abstand des Gipfels von diesem letzten Beobachtungspunkte schätzten sie auf 222 Fuss.

»Mittelst eines Mikrometers im Fernrohre fand ich nun (zu Heiligenblut), dass sich »die von uns erstiegene Höhe am steilen Gipfel zu der unerstiegenen sehr nahe verhalte wie »6:5. Da sich nun erstere mit unseren barometrischen Messungen übereinstimmend zu »267 Fuss ergibt, so folgt die Höhe von unserem ersten Standpunkte bis zur höchsten Spitze »= 222 Fuss.« — Diess würde eine Höhe von 11766 P. F. ergeben.

Das Resultat dieser Schätzung konnte bei der grossen Entfernung und einem verticalen Abstände von 8000 Fuss nur approximativ sein, während die Höhen auf dem Kamme des Grossglockners und an anderen Punkten in der Nähe dieser Gruppe mit denen von SCHIEGG und mit unseren Bestimmungen sehr gut harmoniren.

Die Tabelle unserer Höhenangaben enthält folgende Spalten:

1) Fortlaufende Nummer; unabhängig von der zeitlichen Aufeinanderfolge

1) Der Monte Rosa. Wien 1824. S. 30.

2) Trigonometrisch bestimmte Höhen von Oestreich u. s. w. von A. BAUMGARTNER, Wien 1832; und Zeitschrift für Physik und Mathematik Band X.

3) Reise auf den Glockner im September 1824. Jahrbücher des k. k. polytechnischen Institutes in Wien, herausgegeben von PRECHTL, VII. 1825, S. 1—23.

der Beobachtungen, hat sie nur den Zweck, das spätere Citiren derselben möglichst zu vereinfachen.

2) Ort der Beobachtung, mit sorgfältigen Angaben über den Standpunct unserer Instrumente. Das letztere ist gewiss von Wichtigkeit; bei der Zusammenstellung verschiedener Bestimmungen kann sich oft eine scheinbare Differenz von mehr als 400 Fuss aufheben, wenn wir im Stande sind, die Aufstellungspuncte der einzelnen Beobachter zu vergleichen. Wo wir in den Originalwerken anderer Beobachter solche Standpuncte bezeichnet fanden, haben wir nicht unterlassen, darauf aufmerksam zu machen.

3) Unter der Spalte »Ablesungen« geben wir die benützten Instrumente und die Zahl der Beobachtungen an. *B* bedeutet Barometer, *H* Hypsometer. Wir haben den Angaben beider Instrumente gleichen Werth gegeben, da uns wiederholte gleichzeitige Beobachtungen derselben durch alle Höhen von ihrer Uebereinstimmung überzeugt haben. Die beigefügten Ziffern bezeichnen die Zahl wiederholter Beobachtungen. Die gegebenen Höhen sind dann das arithmetische Mittel derselben. Ist noch ein Sternchen (*) beige-setzt, so wurden diese Bestimmungen in grösseren Zwischenräumen oder verschiedenen Jahren ausgeführt.

4) Angabe der Höhe in Metern und Pariser Fuss. Die Bestimmungen anderer Beobachter wurden ebenfalls auf Pariser Fuss reducirt; wir geben zur Uebersicht das Verhältniss der verschiedenen Masse ¹⁾:

	Meter.	Pariser Fuss.	Wiener Fuss.	Bair. Fuss.
Meter	1	3,07844	3,16443	3,42630
Pariser Fuss	0,324839	1	1,02762	1,11300
Wiener Fuss	0,31611	0,973125	1	1,08307
Bair. Fuss	0,29186	0,89847	0,92330	1

5) In der Spalte »Bemerkungen« wurden ausser einigen Angaben über die Beziehungen des Punctes zu der allgemeinen Gestaltung des Bodens und zu den Grenzen der Vegetation vorzüglich auch die wichtigsten Messungen eingetragen, welche bereits von Andern angestellt wurden.

Zur Erläuterung der später dabei angeführten Namen der Beobachter theilen wir hier die Quellen, denen sie entlehnt sind, ausführlicher mit.

Für die nördlichen Kalkalpen finden sich eine Reihe von Angaben in WALTHER's Topische Geographie von Bayern, München 1844, Seite 300 u. s. w. zusammengestellt. Sie sind von dem Verfasser sämmtlich auf Pariser Fuss mit grosser Sorgfalt reducirt. Die betreffenden Quellen sind in Nummer 4 — 6 der folgenden Liste enthalten.

1) DOVE über Mass und Messen; zweite Auflage, Berlin 1835, und DE LA LANDER's Logarithmen, herausgegeben von KÖHLER. 2te Stereotyp-Ausgabe 1844. Seite 117.

4) Die trigonometrischen Höhenbestimmungen des k. bair. Generalquartiermeisterstabs, in LAMONT's Ephemeriden der Münchner Sternwarte veröffentlicht, 1840. Wir behielten, wie bei den folgenden, die Bezeichnungen WALTHER's bei, um etwaige Vergleichen nicht zu erschweren. Sie führen den Namen LAMONT.

2) WEISS' Südbaierns Oberfläche; trigonometrische und barometrische Höhenangaben. WEISS.

3) BERGHAUS' Annalen 1837 und 1840. Beobachtungen des Mauthdirectors MILLER, berechnet vom Grafen von Schweinitz in Schlesien. SCHWEINITZ.

4) Messungen des Ingenieur-Geographen im k. bair. topographischem Bureau Johann Georg STOLZ, barometrisch und trigonometrisch bestimmt, veröffentlicht in der Randlegende zur Reliefkarte von Baiern und im Höhenverzeichnisse zur Reisekarte von Tegernsee und seiner Umgegend. München 1823. STOLZ.

5) Barometrische Messungen von WINKLER in der Nähe von Partenkirchen. In WALTHER's Werk ebenso wie No. 6 zuerst veröffentlicht. WINKLER.

6) Trigonometrische Messungen von PARTSCH, k. k. Gränzregulirungsinspector, von Lofer bis Mittenwald. PARTSCH.

7) Bei unserem Besuche des Haller Salzberges hatte der Schichtmeister Herr M. A. LIPOLD¹⁾ die Gefälligkeit, uns einige barometrische Bestimmungen mitzuthellen; wir führten sie an mit der Signatur: LIPOLD.

Für die centralen Alpen theile in Tirol und Kärnthen benützten wir zur Vergleichung

8) Trigonometrisch bestimmte Höhen aus den Protocollen der k. k. Catastral-Landesvermessung, ausgezogen von A. BAUMGARTNER, Wien 1832, und in FALLON Hypsometrie von Oestreich; herausgegeben von F. v. NEUDEGG, Wien 1834. TRIGON.

9) Leopold von BUCH barometrische Reise über den Brenner. In: Geognostische Beobachtungen auf Reisen in Deutschland und Italien. Bd. I. Seite 253 u. ff. 1802.

L. v. BUCH.

10) Franz von ZALLINGER Witterungsbeobachtungen nebst einigen Höhenmessungen mit dem Barometer. Innsbruck 1784. ZALLINGER.

11) WALCHER Nachrichten von den Eisbergen in Tirol, Wien 1773, barometrische Messungen. WALCHER.

12) Dr. STOTTER, die Gletscher des Vernagtthales. Innsbruck 1846. Die Messungen sind (nach Seite 6) von KLINGLER, k. k. montanistischem Secretäre, ausgeführt; wir bezeichneten sie mit KLINGLER. Auf Veranlassung des geognostisch-montanistischen Vereins von Tirol und Vorarlberg, dem man bereits so viele interessante Untersuchungen zu verdanken hat, wurden noch zahlreiche Höhenbestimmungen angestellt, welche einen wichtigen Beitrag zur Hypsometrie bilden werden, bis jetzt jedoch noch nicht vollständig veröffentlicht sind.

1) Jetzt k. k. Bergmeister in Aussee.

13) Messungen von Professor SCHIEGG aus Salzburg 1799. Sie finden sich in SCHULTES Glocknerreise. Wien 1804. II. Theil. Seite 308. SCHIEGG.

14) Reise auf den Glockner im September 1824, von STAMPFER und THURWIESER in den Jahrbüchern des k. k. polytechnischen Institutes in Wien, herausgegeben von PRECHTL. 1825. VII. pag. 4 — 23.

15) RUSSEGGER über einige Höhen in den Thälern Gastein und Rauris im Herzogthume Salzburg u. s. w., in LEONHARD und BRONN Jahrbuch für Geognosie. 1835. Seite 379 u. s. f.

16) Mehrere barometrische Bestimmungen aus dem Möllgebiete verdanken wir der gefälligen Mittheilung des Herrn Forstmeisters KAMPNER in Obervellach.

17) SCHOUW Tableau du climat et de la végétation de l'Italie 1839. Vol. I. enthält auch zahlreiche Bestimmungen in verschiedenen Theilen der Alpen.

18) Mit MAYR. und BAUMGARTNER haben wir jene Höhen bezeichnet, welche sich auf der schönen Karte Tirols des ersteren ¹⁾ und in dem Supplementbände zu BAUMGARTNERS Naturlehre, Wien 1831, finden. Da in beiden die benützten Quellen nicht näher angegeben sind, so führen wir sie nur dann an, wenn die Höhen von den uns bekannten Bestimmungen wesentlich differirten.

Da es hauptsächlich unser Zweck war, unsere eigenen Beobachtungen und Untersuchungen mitzutheilen, so unterliessen wir es, eine ausführlichere Zusammenstellung von Bestimmungen anderer Localitäten zu geben. Die angeführten Arbeiten sind daher auch nur solche, welche theilweise mit unseren Puncten verglichen werden konnten. Wir versuchten jedoch, am Ende dieser Abhandlung auf einige allgemeine Höhenverhältnisse der Alpen hinzuweisen.

Unsere Höhenbestimmungen wurden vorzüglich an jenen Puncten angestellt, wo es uns durch einen längeren und mehrmaligen Aufenthalt möglich war, denselben öfter zu wiederholen und zugleich eine grössere Reihe von Localitäten zu umfassen, welche als Basis zu anderen physikalischen Untersuchungen dienen konnten. Wir brachten dieselben nach der Lage der Beobachtungspuncte in folgende Gruppen:

I. Nördliche Kalkalpen.

1) Von München nach Saalfelden durch das Saalachthal 4 — 11.

2) Von München auf die Benediktenwand 12 — 29.

Diese Höhen wurden im Mai 1848 bestimmt und erschienen im Juli in einer pflanzengeographischen Abhandlung in der Allgemeinen botanischen Zeitung von Regensburg, 1848 ²⁾.

1) München 1844, bei PALM.

2) Diese Höhen wurden damals nach einer abgekürzten Formel berechnet; die Differenzen, welche sich jedoch bei einer neuen ausführlichen Berechnung einzelner Daten ergaben, waren für diese Tage so gering, dass wir es vorzogen, die Zahlen unverändert wieder zu geben.

- 3) Von der baiërischen Hochebene in das Innthal über den Pass Fern 30 — 42.
- 4) Profil der Isar über das Lavatschjoch nach Innsbruck 43 — 57.

II. Centralalpen; Tauern.

- 5) Relief des Heiligenbluter Tauern. Zell am See und Fuschthal bis Heiligenblut 58 — 69.
- 6) Der Pasterzengletscher und seine Umgebungen 70 — 86.
- 7) Profil des Möllthales 87 — 101.
- 8) Höhenbestimmungen bei der Besteigung des Grossglockners 102 — 109.
- 9) Gruppe der Rachen; diesen wurden noch einige Angaben aus dem Gössnitzthale beigelegt; 110 — 122.

III. Centralalpen; Oetzthaler Gruppe.

- 10) Profil des Oetzthales 123 — 144. a. Von der Mündung in den Inn bis Zwieselstein. b. Hauptarm, Venter- und Rofnerthal. c. Niederthal. d. Gurglerthal.
- 11) Einige der wichtigsten Erhebungen dieser Gruppe 145 — 150.
- 12) Gletscher des Oetzthales 151 — 164.

IV. Pässe zwischen dem Eisack- und Oetzthale.

- 13) Jaufen 165 — 172.
- 14) Timbls 173 — 178.

V. Südliche Abfälle ¹⁾.

- 15) Pass Iselberg zwischen dem Möll- und Drauthal 179 — 182.
- 16) Profil des Pusterthales von Lienz durch das Drau- und Rienzthal bis zur Eisack 183 — 191.

Anhang. Ueber einige Bergspitzen dieser Gruppen.

VI. Bemerkungen über die wichtigsten Erhebungen der Alpen.

1) Obgleich die in dieser Abtheilung mitgetheilten Beobachtungen nur den Rand der eigentlichen südlichen Alpen theile berühren, so glaubten wir doch, sie von den übrigen Gruppen trennen zu müssen, da sie auch in orographischer Beziehung nicht gut mit denselben vereinigt werden konnten, und diese Thäler durch diese üppige Vegetation der Wallnuss, des Mais und später der Rebe und Kastanie sich mehr den südlichen Alpen anschliessen.

Tabellen der Höhenbestimmungen.

I. Nördliche Kalkalpen.

1. Von München nach Saalfelden durch das Saalachthal.

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	H ö h e		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
1.	München.	—	518,77	1597,0	Pflaster der Frauenkirche nach DELCROS.
2.	Peiss. Posthaus. In der Nähe der Wasserscheide zwischen dem Inn und der Isar.	B.	597,9	1840,5	1885 STOLZ. (Die Wasserscheide selbst.)
3.	Aibling. Brücke.	B.	464,9	1431,9	1435 WEISS. Das ganze Flussgebiet des Inn ist hier merklich tiefer als jenes der Isar.
4.	Prien. Kirche. An den Ufern des Chiemsees.	B.	536,7	1652,1	1617 SCHWEINITZ.
5.	Chieming. Spiegel des Chiemsees.	B.	497,4	1531,2	1504 STOLZ. 1544 LAMONT. 1570 SCHWEINITZ. 1593 SCHWEINITZ. (nach einer Bestimmung zu Frauenchiemsee $1\frac{1}{2}$ Fuss über dem Wasserspiegel.)
6.	Inzell. Thalbecken zwi- schen Traunstein und Reichenhall; kleines Moor an der ebensten Stelle desselben.	B.	700,3	2156,1	1993 SCHWEINITZ. Das grosse Becken von Reichen- hall selbst liegt bloss 1407 LAMONT.
7.	Melleck. Grenze zwischen Baiern und Oestreich. Auf einem Abhange über der Saalach.	B.	563,9	1735,8	1863 PARTSCH.
8.	Unken. Kirche. Von 8 bis 11 geht man in dem Saalachthale auf- wärts.	B.	560,7	1726,1	1990 BAUMGARTNER.
9.	Lofer. Ufer des Baches.	B.	626,3	1927,9	1750 BAUMGARTNER. (?) 1751 MAYR. 1899 PARTSCH (Kirche). 1984 { STAMPFER. { THURWIESER. beim Hacklwirth.

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	Höhe		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
10.	Frohnwies. Thalsole, Ufer der Saa- lach.	B.	660,3	2032,8	2439 } STAMPFER. 2430 } THURWIESER. am Wirthshause. Beginn einer bedeutenden Ver- engung des Saalachthales.
11.	Saalfelden. Kirche.	B.	747,9	2302,4	2021 MAYR. 2022 BAUMGARTNER. 2346 PARTSCH. (Försterhaus.) 2346 } STAMPFER. 2361 } THURWIESER. beim Neuwirthe.

2. Von München auf die Benediktenwand.

12.	Schäftlarn. Klosterhof.	H.	554,4	1705,9	1670 LAMONT.
13.	Wolfrathshausen. Mitte des Marktes. Pflaster.	H.	568,1	1748,8	1701 MAYR. 1725 WINKLER (beim Humpel- bräuer). 1940 WEISS. Die Beobachtungen von WEISS sind hier längere Zeit constant zu hoch. 1937 SCHOUW; mit correspondi- renden Beobachtungen in Mai- land; hierin mag vielleicht die Ursache der Differenzen liegen.
14.	Baierberg. Wirthshaus (130' über der Loisach.)	H.	640,2	1878,3	1852 WINKLER.
15.	Bichl.	H. 2*	612,6	1886,0	1896 LAMONT. (eigentlich Benedictbeuern.)
16.	Kohlstattalpe auf der Benediktenwand bei der grösseren Hütte.	H.	1012,2	3115,9	In der Nähe eine schöne Quelle von 5,6° Cels.
17.	Schmidlaehne. Brücke von der Kohlstatt zur Hausstatt führend.	H.	961,8	2960,9	Feuchtes Moor in der Nähe.
18.	Im Brand. Höhe der ersten Leg- föhren (<i>Pinus pumilio</i>).	H.	1335,2	4110,3	
19.	Im Brand. Höhe der letzten Fichten. (<i>Pinus abies</i>).	H.	1424,4	4384,9	

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	Höhe		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
20.	Benediktenwand mittlerer Gipfel. Die Benediktenwand hat noch 2 seitliche kleinere Spitzen.	H.	4793,6	5524,6	5466 WINKLER. 5484 STOLZ. 5497 LAMONT. 5545 WEISS.
21.	Untere Hausstatt- alpe. Boden der stei- nernen Hütte.	H.	4303,3	4012,0	
22.	Fuss der senkrech- ten Wand. Hier bleibt etwas Schnee fast jeden Sommer liegen.	H.	4345,2	4048,7	Relative Höhe der senkrechten Wand bis zum Gipfel 4472,9'.
23.	Die höchsten Ahorn- bäume (acer pseudopla- tanus) in der Eiblers- klamm.	H.	4223,2	3765,4	
24.	Eiblersfleckalpe.	H.	4006,4	3098,0	
25.	Klausen des Schmid- lahnbaches. Auf dem Boden der Gallerie.	H.	950,9	2927,4	
26.	Austritt des Schmid- lahnbaches in die Aue von Bichl.	H.	674,7	2067,9	Diese Stelle kann als Anhalts- punkt für die relative Höhe des Benediktenwandstockes dienen. Sie liegt 3453,7' unter der Spitze.
27.	Königsdorf. Kirche.	H.	640,4	4970,6	Kann als Wasserscheide zwischen Isar und Loisach betrachtet wer- den. In der Nähe grosse Moore.
28.	Kerchera. Kirche.	H.	688,4	2448,2	Wasserscheide zwischen der Isar und dem Würm See. Ueber dem Würm See 336,9'.
29.	Würm See. Spiegel des Wassers.	H.	578,6	4784,3	4782 LAMONT.

3. Von der bayerischen Hochebene in das Innthal über den Pass Fern.

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	H ö h e		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
30.	Heilbronn. Ursprung der Mineral- quelle.	H.	670,4	2063,7	
31.	Kochel. Spiegel des Sees.	H.	601,0	1850,2	1845 STOLZ. 1834 LAMONT. 1982 WEISS. 1956 SCHOUW.
32.	Kesselberg. Strasse. Höchster Punct zwischen Kochel und Walchensee.	H.	844,6	2590,9	2742 WEISS. 2725 SCHOUW. Beide sind hier gewöhnlich etwas zu hoch.
33.	Walchensee. Spiegel des Sees.	H.	793,3	2442,3	2397 STOLZ. 2435 STOLZ. 2544 WEISS. 2535 SCHOUW.
34.	Rainthaler Bauer. An der Partnach.	H. B.	937,5	2886,1	2924 WINKLER.
35.	Schaafalpe am hinteren Anger, im Rainthal (Partnach).	H. B.	4482,4	4562,5	Grenze der Alpenwirthschaft.
36.	Grenze der Fichten im Rainthal.	H.	4760,6	5420,4	
37.	Garmisch. Brücke über die Loisach. Tiefster Punct des gros- sen Beckens von Parten- kirchen und Garmisch.	H. B. 2*	696,5	2144,1	2102 STOLZ, der Markt. 2102 PARTSCH, desgleichen. 2122 LAMONT, desgleichen. 2148 MAYR. 2198 WEISS, Brücke.
38.	Eibsee. Spiegel des Sees.	H.	953,6	2935,5	2728 WEISS. 2933 LAMONT. 2929 STOLZ. 3004 WINKLER, Pelsen am Ufer. 3024 WINKLER, Kreuz beim Fi- scher.
39.	Lermoos. Ufer der Loi- sach; tiefste Stelle des Thales.	H.	944,4	2907,3	3028 WEISS.
40.	Pass Fern. Höchste Stelle des Weges.	H.	4222,8	3764,4	4905 MAYR.
44.	Nassareit. Kirche.	H.	888,4	2734,4	
42.	Imst. Kirche. Auf den Abhängen des Innthals, linke Seite.	H.	844,5	2498,2	2527 BAUMGARTNER. 2535,5 Trig. Spitze des Thurmes. 2536 STOLZ.

4. Profil der Isar über das Lavatschjoch nach Innsbruck.

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	H ö h e		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
43.	Wolfraathshausen. Spiegel der Isar bei der Vereinigung mit der Loi- sach.	B. 2*	563,3	1734,0	1704 MAYR. 1920 WEISS.
44.	Tölz. Spiegel der Isar bei der Brücke.	B. H.*	634,0	1942,5	1967 LAMONT. 1973 STOLZ.
54.	Länggries. Spiegel der Isar bei der Brücke.	B.	665,2	2047,8	2104 SCHWEINITZ. 2120 LAMONT. 2174 STOLZ. 2343 WEISS. Im Markte.
46.	Im Fall. Spiegel der Isar.	B. H.	715,3	2204,9	2246 LAMONT.
47.	Krün. Spiegel der Isar.	H.	824,5	2538,2	2631 MAYR. 2686 WEISS. 2728 PARTSCH. (Kirchthurmknopf.)
48.	Mittenwald. Spiegel der Isar.	H.	899,7	2769,8	2802 STOLZ. 2968 SCHOUW (?).
49.	Scharnitz. Spiegel der Isar.	B. H.	926,8	2853,0	Die Isar macht hier einen bedeu- tenden Winkel und biegt in das Hinterauthal ein.
50.	Quelle im Hinterau- thale oberhalb Scharnitz. Rechte Seite.	B.	984,0	3020,3	Temperatur 6,2.
51.	Zweite Isarquelle in der Nähe der Alpe Gungl im Kasten.	B. H.	1190,2	3664,0	3600 MAYR. Temperatur 4,6°. Dabei ein ver- einzelter Kirschbaum.
52.	Erste Isarquelle in der Nähe der Alpenhütte am Halleranger.	B. H.	1860,0	5725,8	Sehr starke Quelle, in mehreren Armen.
53.	Aeusserste Grenze von Pinus Cembra.	H. B.	1923,7	5921,8	Grössere Bestände hörten bei der Höhe von 5800' auf.
54.	Lavatschjoch. Höchster Punct des Ue- berganges.	B. H.	2084,4	6416,8	6524,9 LIPOLD. 6540 MAYR.
55.	Haller Salzberg. Kanzlei.	B.	1471,0	4528,5	4568 v. BUCH. 4662,3 LIPOLD. Der höchste Stollen 460' höher.

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	H ö h e		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
56.	Quelle oberhalb Hall am Fusse der Kalkberge zur Linken des Innthals.	B.	654,6	2015,2	
57.	Innsbruck. Barometer des Herrn Dr. MAYERHOFER, an welchem die correspondirenden Beobachtungen zu meh- reren Höhenbestimmun- gen angestellt wurden.	B.	583,4	1795,4	Das heisst: 28,2' über dem Pfla- ster der Jesuitenkirche, diese zu 1766,9 Trig. Andere Bestimmun- gen von Innsbruck sind: 1604 LAMONT. 1716 WEISS. 1725 WINKLER. 1774 Leop. von BUCH. 2424 von ZALLINGER.

II. Centralalpen; Tauern.

5. Vom Zellersee durch das Fuschthal bis Heiligenblut.

58.	Zell am See. Spiegel des Sees.	B. H.	725,3	2232,8	2380 BAUMGARTNER. 2363 } STAMPFER. 2354 } THURWIESER. Sie beobachteten in dem höher gelegenen Markte; »Lebzelter, zweiter Stock.«
59.	Embach. Bauernhöfe im Fusch- thale.	B.	907,8	2794,7	Dorf Fusch, weiter unten im Thale: 2459 } STAMPFER. 2469 } THURWIESER.
60.	Fehrleiten. 3 Fuss über dem Bache.	B. H.	1150,4	3541,5	Letzte menschliche Wohnungen in einem weiten Thalbecken. 3550 } STAMPFER. 3585 } THURWIESER.
61.	Alpe Taubach. Bei dem Brunnen.	B.	1394,5	4292,9	In der Nähe der Grenze der Ahorn- bäume war eine schöne Quelle von 6,4° C.
62.	Fuschthal. Erstes Auftreten grösse- rer Massen von Flechten u. Moosen an den Lerchen.	B.	1534,5	4714,7	Ueber die nähere Bedeutung die- ser Bestimmung ist Cap. XVIII zu vergleichen.
63.	Fusch. Baumgrenze.	B.	1880,2	5788,2	Kleine Gruppen von Lerchen. Die letzten einzelnen Stämme fanden sich noch bei 5945'.
64.	Petersbrunn. Sehr starke Quelle in dem unteren Nassfelde im Fuschthale.	B.	2137,8	6581,4	6661 } STAMPFER. Sie bestimm- 6653 } THURWIESER. ten 1824 die Temperatur dieser Quelle zu 3,37° C.; wir fanden sie 3,4° C.

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	H ö h e		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
65.	Fuschthor. Pass zwischen dem Fusch- und Rauristhale.	B.	2406,3	7407,6	7483 } STAMPFER. 7486 } THURWIESER.
66.	Hochthor oder Heiligenbluter Tau- ern. Vielgebrauchter Pass zwischen dem Thale der Rauris und Möll.	B. H.	2640,4	8128,2	8052 SCHIEGG. 7953 } 7968 } STAMPFER. 7948 } 7952 } THURWIESER. Hier wie bei diesen Pässen über- haupt, welche sehr rasch nach bei- den Seiten abfallen, ist die Wahl des Beobachtungspunctes sehr wesentlich. Der unsere ist stets der höchste Punct des Uebergan- ges, möglichst genau auf der Grenzlinie zwischen den beiden Abdachungen; an diesem Passe ist er durch ein hölzernes Kreuz bezeichnet.
67.	Baumgrenze auf den Abhängen gegen das Möllthal im Gippach- thal.	B.	4944,9	5987,2	Die Exposition war gegen Süden. Einige wenige Lerchen.
68.	Quelle in der Nähe der Alpe Kasereck.	B.	4666,5	5130,2	Temperatur 5,8° C.
69.	„Beim Plattl“. Höchstes Bauernhaus im Gippachthal.	B.	4668,4	5136,4	In der Nähe befinden sich die letzten kleinen Felder von Gerste und Roggen.

6. Der Pasterzengletscher und seine Umgebungen.

70.	Firnmeer dieses Gletschers an den Todtenlöchern.	B. H.	3358,9	10340,2	Es ist diess der höchste Punct des- selben an dem hinteren Kamme, wo sich eine jähe Felsenmauer ins Caprunerthal hinabsenkt.
71.	Kleiner Burgstall. Eine hervorragende Fel- seninsel in dem Glet- scher. Gipfel desselben.	B. H.	2852,5	8781,2	Die unmittelbare Vergleichung der gleichzeitigen Beobachtungen am Gipfel und am Fusse dieses Felsens ergeben eine relative Höhe = 505'.
72.	Kleiner Burgstall. Fuss desselben an der Moräne.	B. H.	2688,5	8275,9	
73.	Erster Gletscher- tisch beim kleinen Burg- stalle.	B.	2669,6	8218,3	

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	H ö h e		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
74.	Grosser Burgstall. Moräne an seinem Fusse, auf dem linken Ufer des Gletschers.	B.	2675,5	8236,4	
75.	Anfang der Linie B. Höhe des Gletschers bei der Johannishütte. Mühle.	B. H.	2419,3	7447,6	
76.	Höchste Stelle der Linie B. (am Zufluss III.)	H.	2458,7	7568,9	
77.	Ende der Linie B am rechten Ufer des Gletschers; am Fusse des Grossglockners.	B. H.	2435,7	7498,2	
78.	Höhe des Gletschers am Fusse des hohen Sat- tels; linkes Ufer am Rande des Absturzes.	B.	2376,8	7316,7	
79.	Pfandelbach. Eintritt desselben unter die Pasterze. In der Nähe befindet sich der Anfang der Linie C am Unteren Boden.	B. 2 *	2026,4	6238,3	
80.	Höchste Stelle des Unteren Bodens.	B.	2242,6	6903,8	
81.	Pasterzensee. Am grünen Thor. Ufer. Ende der Linie C.	B. H.	2179,8	6710,3	
82.	Margaritze. Felsenvorsprung zwi- schen den beiden Armen der Möll; Ende des Glet- schers.	B.	1956,6	6023,4	Die beiden Hauptursprungspuncte der Möll selbst liegen 100 — 150' tiefer an den Seiten der Marga- ritze.
83.	Johannishütte. In der secundären Mulde der Gamsgrube; linkes Ufer der Pasterze.	B. H. 72	2462,6	7581,4	Mittel aus 72 getrennten Beobach- tungen. Relative Höhe der Hütte über dem Gletscher = 134'.
84.	Hoher Sattel. Linke Seite der Pasterze. Höchster Punct des We- ges.	B.	2536,7	7809,2	

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	Höhe		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
85.	Langofen. Weg vom Pasterzensee zum Leiterthale über die untere Seite.	B.	2256,7	6947,2	Höchster Punct des Weges. 100 Fuss tiefer, am Trog mehrere Quellen von 4,2° C.
86.	Quelle auf der Margaritze; auf dem Ab- hange, welcher sich von dem Flussbette der Möll gegen die untere Seite heraufzieht.	B.	2449,7	6525,3	Temperatur 3,4° C.

7. Profil des Möllthales.

87.	Wolfgangshütte. Linke Seite des Thales; gegen 300 Fuss über der Möll.	B. H.	1980,4	6095,6	In der Nähe der letzten Zirbeln und Lerchen. Das oberste Ende des Möllthales am Pass Todten- löcher Nr. 70 = 10340'. Und das Ende des Gletschers Nr. 82 = 6023'.
88.	Briccius-Kapelle. Bei den Alphütten im Sattel.	B. H.	1622,3	4994,2	Dabei eine Quelle von 6,0° C.
89.	Georgenstein. Höhe der steilen Wände, welche das Becken von Heiligenblut abgrenzen; am Fusse des Kreuzes.	B.	1525,8	4697,4	Dieser Punct gewährt eine ausge- dehnte Uebersicht des Möllthales nach abwärts.
90.	Fuss der hohen Wände im Heiligenbluter Thal.	B.	1358,4	4180,9	Daher beträgt die relative Höhe dieser Wände nach Nr. 89 u. 90 = 516'.
91.	Heiligenblut. Calvarienberg, freier Platz vor der Kapelle.	H. B.	1442,4	4348,1	4210,7 SCHIEGG. 4385,3 Trig.
92.	Heiligenblut. Dorf. Gruppe der zahl- reichsten Häuser um die Kirche; freier Platz zwi- schen dieser und dem Wirthshause.	H. B. 94	1300,8	4004,4	4037,5 KAMPNER. 4017 } STAMPFER. 4012 } THURWIESER. Die letzteren beobachteten beim Wirthe, im ersten Stocke, im Mittel aus 86 Be- obachtungen; dabei müssen wir eigentlich noch die Höhe des Stockwerkes subtrahiren.
93.	Heiligenblut. Ufer der Möll, unter der Kirche. Sohle dieses gros- sen Thalbeckens.	H. B.	1248,6	3843,7	Hieraus folgt eine Höhendistanz zwischen Nr. 92 u. 93 von 160,7. Durch correspondirende Beob- achtungen mit Barometer und Hypsometer erhielten wir 455.

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	H ö h e		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
94.	Pockhorn. Ufer der Möll.	B.	4192,2	3670,4	3804 KAMPNER. Ist von dem Becken von Heiligen- blut durch eine steile Senkung des Thales, den »Kniebeis«, ge- trennt.
95.	Quelle in der Thalenge zwischen Pock- horn und Döllach.	B.	4114,4	3420,4	Temperatur 6,8° C.
96.	Brücke in der Pockhorn und Döllach. Spiegel der Möll.	B.	4073,2	3302,2	
97.	Döllach. Spiegel der Möll.	H. B.	4034,7	3185,3	3164 RUSSEGG. 3215,2 KAMPNER.
98.	Sagritz. Kirche.	B.	4157,3	3562,8	Es ist dieses ein Dorf auf den Anhöhen der linken Seite des Möllthales oberhalb Döllach.
99.	Sagritz. Garten des Pfarrhauses. Standpunct der meteoro- logischen Instrumente.	B.	4143,3	3519,7	
100.	Mörtschach. Auf den Anhöhen 200 bis 300 Fuss über der Möll.	B.	943,4	2903,4	2997,3 KAMPNER. Die Mündung des Möllthales liegt nach KAMPNER bei Möllbruck 1726.
101.	Quelle auf der linken Seite des Mölltha- les oberhalb der Brücke von Winklern.	B.	934,9	2877,9	Temperatur 6,7° C.

8. Höhenbestimmungen in den Umgebungen des Grossglockners.

102.	Alpenhütte der Kaserin im Leiterthale.	B.	2027,4	6240,3	Diese Hütte bildet die Grenze der Kuhalpen. 6238 } STAMPFER. 6251 } THURWIESER. SCHIEGG bestimmte eine kleine Hütte weiter aufwärts im Thale »die Ochsenhütte« 6624,8.
103.	Salmshöhe. Mehrere kleine Quellen am Fusse der Leiterköpfe zur Linken des Thales.	B.	2671,4	8222,8	Temperatur 2,7° C.

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	H ö h e		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
104.	Salmshütte auf der Salmshöhe, am Rande des Leiterglet- schers; Boden der jetzt zerstörten Hütte.	B.	2729,8	8403,6	Die Hütte wurde 1799 von Fürst Salm erbaut; sie bezeichnet zu- gleich das untere Ende des Lei- tergletschers. 8361,2 SCHIEGG an demselben Standpuncte. 8086 } STAMPFER. 8087 } THURWIESER. Bei den Unebenheiten dieses so hoch gelegenen Thales ist es leicht, dass durch etwas verschie- dene Aufstellungspuncte der In- strumente sich bedeutende Dif- ferenzen ergeben.
105.	Firnlinie am Leitergletscher.	B.	2813,4	8660,4	Begrenzung von Firn- und Glet- schereis. Das Wegschmelzen des frisch gefallenen Schnees erfolgte noch 2—300 Fuss höher.
106.	Hohenwarte. Tiefste Stelle der Ein- senkung, welche von dem Leitergletscher auf den Kamm des Gross- glockners führt.	B.	3187,7	9813,4	Es ist diess eine Einsenkung des mächtigen Kammes. Sie wurde nach dem Generalvicar von HOHENWARTH benannt, der zuerst diesen Berg bestieg.
107.	Adlersruhe. Ruinen der kleinen Hüt- te, welche hier auf eini- gen hervorragenden Fel- sen erbaut war.	B.	3388,8	10432,3	10393,8 SCHIEGG. Es bezieht sich diese Bestimmung wahrscheinlich auf diese Locali- tät; die Bezeichnungen sind in solchen Höhen natürlich etwas schwankend. 10643 } STAMPFER. 10638 } THURWIESER. Der Fuss der steilen Abhänge, welche sich bald darauf zum Gipfel hinaufziehen, ist 11293 } STAMPFER. 11277 } THURWIESER. Der höchste Punct, welchen die beiden letzteren hier erreichten ist 11547 } STAMPFER. 11541 } THURWIESER.
108.	Grossglockner. Erste Spitze, an dem kleinen eisernen Kreuz, welches etwas aus dem Schnee hervor- ragt.	B.	3926,8	12088,4	11982,5 SCHIEGG. Das Detail unserer und der frühe- ren Bestimmungen ist schon oben mitgetheilt worden. Es ist nicht ganz sicher, ob sich die SCHIEGG'- sche Bestimmung auf diese Spitze und das auf derselben befindliche eiserne Kreuz, oder auf die zweite Spitze des Berges bezieht.

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	H ö h e		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
109.	Grossglockner. Zweite Spitze, höchster Punkt dieses Berges.	B.	3949,5	12158,2	
9. Gruppe der Rachern.					
110.	Wallnerhütte. Alpenhütte im Pfandel- thale.	B. H.	2414,8	6510,4	
111.	Auf dem Land. Kleines Thalbecken im Hintergrunde des Pfan- delthales.	B. H.	2344,8	7218,5	200 Fuss tiefer entspringen meh- rere schöne Quellen von 3,1° C. an den Abhängen der Freiwand. 70 Fuss tiefer sind bei 7148 eben- falls mehrere Quellen von 3,1° C.
112.	„Am Balig“; kleine Hütte auf den Ab- hängen des Wasserrad- kopfes gegen das Gip- pachthal, an der Baum- grenze.	B.	2071,5	6376,9	Mehrere Lerchen befinden sich noch ganz in derselben Höhe.
113.	Quelle an den Abhängen des Wasser- radkopfes gegen das Möllthal.	B.	2335,8	7190,4	Temperatur 3,4°.
114.	„Am Hendelstein.“ Abhänge der Albez gegen das Pfandelthal. Grenze zusammenhängender Alpenweiden.	B.	2550,7	7852,2	Die Grasvegetation nimmt hier an Individuenzahl bedeutend ab, und überzieht den Boden nur mehr an einzelnen Stellen.
115.	Gipfel der Albez.	B.	3123,5	9615,6	Von hier zieht sich ein schmaler Kamm zur Rachern hinüber. Aeusserste Grenze der Gräser.
116.	Gipfel der Rachern.	B.	3365,9	10361,6	Es finden sich noch ein Paar ver- einzelnte sehr verkümmerte Pha- nerogamen.
117.	Gipfel des Wasserradkopfes.	B.	3190,6	9822,2	Er ist wie jener der Albez durch einen Kamm mit der Rachern ver- bunden. Die Höhen dieser drei letzten Gipfel wiederholen sich hier in den Tauern noch sehr oft. Wir führen nach den Bestimmun- gen von RUSSEGGER an: Ankogel 9987 P. F. Hohe Narr oder Hochhorn. . . . 9961 - - Hoher Scharreck im Nassfelde in Gastein 9643 - -

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	Höhe		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
118.	Quelle an den stark geneigten Abhängen von dem Heili- genbluter Becken gegen das Gössnitzthal hinauf.	B.	1707,1	5255,7	Temperatur 5,4° C.
119.	Gössnitzthal. Grubengebäude.	B.	1853,7	5706,5	
120.	Gössnitz. Hauptstollen.	B.	1882,7	5795,7	In denselben Quellen von 5,0° C.
121.	Baumgrenze an den Abhängen auf der linken Seite des Göss- nitzthales.	B.	2029,0	6246,3	Kleine Gruppen von Lerchen und Tannen.
122.	Quellen im Stollen der Goldzeche; Berg- werk auf der grossen Fleuss; linke Seite des Möllthals.	B.	2877,5	8858,3	Temperatur 0,8° C.

III. Centralalpen. Oetzthaler Gruppe.

40. Profil des Oetzthales.

a. Von der Mündung in den Inn bis Zwieselstein.

123.	Oetzbruck. Mündung der Oetz in den Inn.	H.	683,1	2103,4	Von diesem Puncte sind uns keine anderen Bestimmungen bekannt. Man vergleiche Silz im Innthale. 2090,3 KLINGLER. 2211 MAYR.
124.	Oetz. Ufer des Baches. Es ist dieses das erste weite Becken des Thales.	B. H. 2*.	759,9	2339,4	2511 MAYR. 2550,6 KLINGLER. (vielleicht bei beiden die Kirche als Standpunct.)
125.	Dumpen. Bach, bei der Brücke.	B. H. 2*.	908,9	2798,1	Am oberen Rande des Terrassen- abfalls, welcher das Becken von Umhausen von jenem bei Oetz trennt.
126.	Umhausen. Ufer der Oetz. Zweites Thalbecken.	B. H. 2*.	1012,2	3116,1	3169,5 KLINGLER. 3167 MAYR.

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	H ö h e		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
127.	Lengenfeld. Kirche.	B. H. 2*.	1175,2	3617,3	3701,8 WALCHER. 3707,2 KLINGLER. 3702 MAYR. Ungefähr 3500 STOTTER und HEUF- LER geognost.botan. Reise durch's Oetzthal.
128.	Huben. Ufer des Baches.	B. H. 2*.	1184,4	3646,2	Es liegt zwar dieser Punct weiter nach aufwärts als Lengenfeld, aber das letztere befindet sich auf einer kleinen Erhöhung. Beide bilden das dritte Becken des Oetz- thales.
129.	Sölden. Bach bei der Brücke im Dorfe selbst. Viertes Becken.	B. H. 2*.	1315,2	4048,9	4075,5 WALCHER. 4315,6 KLINGLER. 4251 MAYR. Bei den grossen Höhenunter- schieden des ganzen Terrains können etwas verschiedene Auf- stellungspuncte bedeutende Dif- ferenzen verursachen.
130.	Sölden. Brücke oberhalb des Dorfes; am Ende des Beckens.	H.	1405,0	4325,2	Der Punct liegt schon in dem en- gen Thale zwischen Sölden und Zwieselstein, in der Nähe der Grenze der Esche und des Hol- lunders.
131.	Zwieselstein. Ufer der Oetz bei der Brücke an dem Zusam- menflusse der Bäche von Gurgl und Vent.	H. 2*.	1493,0	4596,0	4391 MAYR. 4422,9 KLINGLER.

b. Hauptarm. — Vent-Rofnerthal.

132.	Heiligenkreuz. Kirche.	B. H.	1639,5	5047,1	Die Kirche liegt auf einer hohen Terasse am Ende des kleinen Beckens von Heiligenkreuz.
133.	Winterstall. Ufer des Baches bei der Brücke.	B. H. 2*.	1632,3	5024,9	Die wenigen Häuser dieses Ortes nehmen eine kleine Erweiterung des Thales ein, in der engen Schlucht zwischen Heiligenkreuz und Vent.
134.	Vent. Freier Platz vor dem Pfarrhause; die Oetz fließt etwas tiefer.	B. H.	1884,3	5791,4	5856,3 WALCHER. 5881 MAYR. 5882,6 KLINGLER. Unsere Angabe ist das Mittel aus zahlreichen Beobachtungen im Jahre 1847 und 1848.
135.	Rofen. Freier Raum zwisch. den einzelnen Bauernhöfen.	B. H. 3*.	1945,6	5989,2	Höchste menschliche Wohnun- gen in diesem Thale.

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	H ö h e		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
136.	Kleine Zirbelgrup- pen am Thaleit; Grenze derselben.		2053,4	6320,4	Schattenseite.
137.	Aeusserste Baum- grenze im Rofnerthal. Vereinzelte Zirbeln »im Brand«.	B. H. 2*.	2144,4	6601,4	
138.	Hintereishütte. Alpenhütte auf den Ab- hängen des Rofnerber- ges zwischen dem Hin- tereis- und Vernagt- Gletscher.	B. H.	2206,4	6792,4	Diese Hütte wird auch zuweilen Rofenberg- oder Rofenthaler- Hütte genannt. Das Hochjoch, welches das Ende des Rofnertha- les bildet, liegt 9057,2 nach KLINGLER auf STOTTER's Karte.

c. Niederthal.

139.	Baumgrenze. Letzte grössere Gruppen von Zirbeln.	B.	2051,3	6314,7	Die letzten ganz vereinzelter Bäume in der Schlucht neben dem Bache standen noch 200 bis 220 Fuss höher.
140.	Klotzhütte. Höchste Alpenhütte die- ses Thales.	B. H. 2*.	2214,9	6818,5	Die Weiden werden hier nur für Schafe benutzt.
141.	Letzte Sträucher an den Abhängen des Thaleitberges.	B.	2302,4	7087,8	Es waren vorzüglich <i>rhododen-</i> <i>dron ferrugineum</i> und <i>juniperus</i> <i>sabina</i> .

d. Gurglerthal.⁴⁾

142.	Dorf „ Piller “. Ufer des Baches.	H.	1673,8	5152,7	Diese Häuser werden auch Pill- berg, oder »am Pill« genannt. Von Zwieselstein bis hierher ist das Thal schluchtartig und sehr ge- neigt.
143.	Gurgl. Kirche.	H.	1788,0	5504,2	6000 MAYR.
144.	Letzte Zirbeln auf der „grossen Alp.“	H.	2110,9	6498,2	Einige ganz vereinzelter Stämme; 100 und 200 Fuss tiefer treten et- was grössere Gruppen von Bäu- men auf.

4) Dem Wunsche des Herrn Pfarrers von Gurgl entsprechend, hatten wir, bei unserer Anwesenheit, in das Fremdenbuch der dortigen Curatie einige provisorisch berechnete Höhenbestimmungen eingetragen. Wir glauben, dass sie mit den hier mitgetheilten Zahlen nicht völlig übereinstimmen werden, da sie ohne hinreichende correspondirende Beobachtungen nach einer kleinen Hülftabelle nur approximativ berechnet werden konnten.

11. Einige der wichtigsten Erhebungen.

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	Höhe		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
145.	Zwerchwand. Höchster Punkt des We- ges, welcher über die- selbe zur Hintereishütte führt.	B.	2484,6	7648,6	
146.	Schneegrenze am Rofenberg.	H.	2700,0	8311,8	Es sind hier die ersten grösseren Schneelagen.
147.	Rofenberg. Südöstlicher Gipfel.	H.	2818,3	8676,0	
148.	Platteikogel. Gipfel.	H.	3326,6	10240,7	9688 MAYR. 10378 KLINGLER auf STOTTER'S Gletscherkarte.
149.	Similaun. Höchster Punkt dieses Berges.	H.	3617,2	11135,4	11117,6 TRIG.
150.	Wildspitze. Oestliche Spitze.	H.	3732,0	11489,1	Der heftige Wind verhinderte uns das Hypsometer auf dem Gipfel selbst aufzustellen. Erst später durch Schneelagen geschützt führten wir unsere Bestimmung aus bei 11057,1. Den Abstand dieses Punktes von unserer Spitze massen wir trigonometrisch mit dem Porrhometer 432'; was in Summa 11489 P. F. giebt. Westliche Spitze nach TRIG. 11592 Fuss. Anzuführen ist hier noch die Weisskugel; TRIG. bestimmt un- ter dem Namen Schweinserhoch zu 11840; bei BAUMGARTNER S. 61. Es ist dieses sonach der höchste Punkt der Oetzthaler Gruppe.

12. Gletscher des Oetzthales.

151.	Vernagt. Nördliches Thor.	B. H. 2*.	2100,0	6464,8	Es ist dieses die tiefste Stelle des Gletschers.
152.	Vernagt. Uebergangsstelle, linkes Ufer.	B. H. 2*.	2175,2	6696,2	Es wurde diese Stelle im Jahre 1847 u. 1848 stets genau beim Ue- bergange über den Gletscher ein- gehalten, um auf die Hintereishüte und das Hochjoch zugelangten.
153.	Vernagt. Höchster Punkt des Glet- schers an der Ueber- gangslinie im Jahre 1848.	B.	2278,7	7014,8	Die Mitte des Gletschers verhielt sich einige Zeit in dieser Höhe.

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	H ö h e		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
154.	Vernagt. Uebergangsstelle, rech- tes Ufer.	B. H. 2*.	2179,2	6708,4	Aus 154 u. 152 direct erhaltene Differenz = 12 Fuss, um welchen der Gletscher am linken mehr besonnten Ufer niedriger war.
155.	Vernagt - Seeboden. Unteres Ende beim süd- lichen Gletscherthore.	B.	2112,2	6502,2	
156.	Vernagt - Seeboden. Oberes Ende.	B.	2197,5	6764,8	Daraus erhält man für das untere Ende des Sees eine Tiefe von 263 Fuss.
157.	Hintereisgletscher. Thor am Ende desselben.	B. H. 2*.	2202,1	6778,9	Tiefster Punct des Gletschers. Ursprung der Oetz im Rofner Thale.
158.	Zusammentritt d. Kesselwandgletschers mit dem Hintereise.	H.	2450,2	7542,9	
159.	Marcellgletscher, unteres Ende desselben im Niederthale.	B. H. 2*.	2208,9	6800,1	Es befindet sich dort ein sehr bedeutendes Gletscherthor.
160.	Rothmoosgletscher in Gurgl. Austritt des Gletscherbaches.	H.	2076,1	6391,3	
161.	Grosser Oetzthaler- Gletscher. Höhe des Gletschers am linken Ufer.	H.	2247,7	6919,5	An der gewöhnlichen Uebergangsstelle vom Kúpelerberg zum Gurglersee.
162.	OetzthalerGletscher Höchste Stelle der Quer- linie wie in Nr. 161.	H.	2286,4	7038,4	
163.	Gurgler oder Lang- thaler See. Rechtes Ufer.	H.	2228,0	6858,9	Es ist diess der Spiegel des Wassers bei seinem höchsten Stande.
164.	Gurgler See. Spiegel des Wassers im Sommer 1847.	H.	2183,0	6720,1	Im Winter und Frühlinge wird die Wassermasse weit grösser; wobei auch das Ende des Sees höher aufwärts gerückt wird.

IV. Pässe zwischen dem Eisack- und Oetzthale.

13. Jaufen.

Nummer.	Ort der Beobachtung.	Ablesungen.	Höhe		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
165.	Mittenwald im Eisackthale. Kirche.	B.	793,4	2444,4	2505 L. v. BUCH.
166.	Mauls. Kirche.	B.	924,6	2837,2	
167.	Sterzing. Moor vor der Stadt.	B.	960,4	2955,6	2987 L. v. BUCH. 2920 BAUMGARTNER. 1518 über Innsbruck ZALLINGER = 3292. 3237 MAYR. Die meisten dieser Bestimmungen beziehen sich auf verschiedene Punkte der Stadt, welche höher als die Thalsohle liegt. Höhe des Brennerpasses nach BUCH 4375 P. Fuss.
168.	Quelle auf den nordöstlichen Abhängen des Jaufen in der Nähe des Dorfes Gasteig.	B.	1283,4	3950,9	Temperatur 5,2° C.
169.	Baumgrenze am Jaufen. Letzte Bäume. Tannen und einige Lerchen.	B.	1913,7	5891,3	120 Fuss tiefer, mehrere Quellen von 4,4° C. 16 Fuss höher mässig starke Quelle von 3,7° C.
170.	Jaufenhaus. Höchstes einzelnes Bauernhaus; Platz vor dem Hause.	B.	1969,9	6064,2	Es ist bei der grossen Frequenz des PASSES ein viel besuchter Zufluchtsort.
171.	Jaufen. Pass zwischen dem Eisack und Passeierthale. Höchster Punkt des Ueberganges.	B.	2098,5	6460,2	6401 MAYR. 150 Fuss tiefer befindet sich eine Quelle von 3,2° C.
172.	Baumgrenze am südwestlichen Abhang des Jaufen gegen das Passeierthal.	B.	1887,4	5810,2	Lerchen und Tannen.

14. *Timbls.*

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	H ö h e		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
173.	St. Leonhard im Passeierthale. Ufer der Passeier.	B.	674,3	2066,7	Etwas höher trifft man die Grenze der Kastanie.
174.	Moos. Kirche.	B.	1007,7	3102,0	Grenze der Wallnuss.
175.	Schönau. Letzte Bauernhöfe in einem weiten Becken des Passeierthales. Platz vor dem Hause.	B.	1536,8	4731,0	Etwas höher liegt die Grenze der Cerealien.
176.	Timbls Baumgrenze Abhänge gegen das Bek- ken von Schönau.	B.	1967,9	6058,2	Diese letzten Bäume sind theils Zirbeln, theils Lerchen.
177.	Timbls. Pass zwischen dem Pas- seierthal und dem Arme des Oetzthales von Gurgl. Höhe des Passes beim Kreuze.	B.	2527,9	7782,0	7100 (?) MAYR.
178.	Timbls. Abhang gegen das Gurg- lerthal. Wegscheide zwis- chen Gurgl und Zwiesel- stein.	B.	1855,7	5742,6	300 bis 400 Fuss höher befindet sich die Baumgrenze.

V. Südliche Abfälle.

15. *Pass Iselberg zwischen dem Möll- und Drauthale.*

179.	Lienz. Ufer der Isel. Weites Becken im Drauthale, an der Vereinigung dessel- ben mit dem Iselthale.	B.	751,8	2314,4	2317 MAYR.
180.	Grenze der Wall- nussbäume am Iselberge; Abhänge gegen das Drau- thal.	B.	913,5	2812,1	Grenze derselben im Allgemei- nen; einige vereinzelte Exemplare stehen noch 50 bis 80 Fuss höher.
181.	Bad am Iselberge. Quelle, ein schwefel- u. eisenhaltiges Wasser.	B.	1134,2	3482,4	Der höchste Punct dieser breiten und niederen Pässeinsenkung liegt noch etwa 150 Fuss höher.

Num- mer.	Ort der Beobachtung.	Able- sun- gen.	H ö h e		Bemerkungen.
			Meter.	Pariser Fuss.	
182.	Winklern. Kirche. Auf den Abhän- gen des Iselberges gegen das Möllthal.	B.	921,0	2835,3	Nur wenig höher ist die Grenze des Mais und der Wallnuss.

16. Profil des Pusterthales; von Lienz durch das Drau- und Rienzthal zur Eisack.

183.	Silian. Posthaus. Grosses Thal- becken.	B.	1244,5	3834,2	Becken von Lienz = 2344. Siehe No. 179.
184.	Jnnichen. Marktplatz.	B.	1299,0	3998,9	Breite, sanft geneigte Thalsohle.
185.	Quelle der Drau. Aus den Kalkbergen zur Rechten des Thales.	B.	1363,6	4197,8	Temperatur 5,3° C.
186.	Höhe von Toblach. Kreuz bei der Abzwei- gung der Ampezzaner Strasse; Wasserscheide zwischen der Drau und Rienz.	B.	1334,5	4108,2	Es befindet sich hier eine sehr breite, sanft geneigte Einsattelung.
187.	Niederndorf. Brücke über die Rienz. Spiegel des Wassers.	B.	1278,6	3936,2	
188.	Brunecken. Grosses Thalbecken. Ufer der Rienz 18' über dem Flusse.	B.	832,6	2563,0	2610 BAUMGARTNER.
189.	Untervintl. Ufer der Rienz.	B.	760,5	2344,2	
190.	Mühlbach. Kirche. Die Rienz liegt bedeutend tiefer.	B.	753,0	2318,2	Mit der Umbiegung des Thales nach Süden treten hier Wein und essbare Kastanien in grosser An- zahl auf. 18' tiefer Quelle von 11,0° C. Brixen, Vereinigung der Rienz und Drau, liegt, 1836 nach L. v. Buch. Ausgedehnte Wein- gärten und Kastanienpflanzungen treten dort auf.
191.	Eisackthal über der Franzensveste; Quelle auf der linken Thalseite in der Nähe der Kastaniengänge.	B.	721,3	2220,4	Temperatur 10,1° C.

Anhang. Ueber einige Bergspitzen dieser Gruppen.

Wir dürfen hier vielleicht einige Bemerkungen beifügen, über den Weg, welchen wir bei der Besteigung des Grossglockners, der Wildspitze und des Similaun einschlagen mußten, und damit einige Einzelheiten ihrer Lage und Formen verbinden.

1. Der Grossglockner.

Unsere Bestimmungen auf dem mächtigen Kamm dieses Berges und seinen nächsten Umgebungen wurden am 28., 29. und 30. August 1848 ausgeführt ¹⁾. Die erste Besteigung desselben wurde im Jahre 1799 auf Veranlassung des Fürsten SALM, Bischof von Gurk, unternommen. Baron HOHENWARTH und Pater SCHIEGG stellten dabei die ersten barometrischen Messungen an. Die schöne Hütte auf der Salmshöhe, jetzt leider zerstört, erleichterte damals sehr die Besteigung und bot früher für wissenschaftliche Untersuchungen einen sehr günstigen Aufenthalt. Später wurde der Gipfel des Grossglockners noch einige-male erreicht. Bei unserer Besteigung waren wir gezwungen in der letzten Alpenhütte im Leiterthale die Nacht zuzubringen. Von der Salmshöhe aus überschreitet man den Leitergletscher und findet erst ein Hinderniss an den tiefen Bergschründen, welche sein Firnmeer umgeben. Man gelangt über dieselben zur »Hohenwarthe«, auf den eigentlichen Kamm des Grossglockners, welcher sich als die Begrenzung der rechten Seite des Pasterzengletschers von den Leiterköpfen bis über die Todtenlöcher erstreckt. Die »Adlersruhe« war eine kleine Hütte, welche nur sehr kurze Zeit den Stürmen dieser Regionen zu widerstehen vermochte. In einiger Entfernung von ihr beginnt eine sehr bedeutende Neigung. Da diese Stelle wegen der geringen Schneemenge des Jahres 1848 grossentheils mit Hocheis bedeckt war, so wurden wir gezwungen, eine Reihe von etwa 200 Stufen in dasselbe einzuhauen. Die erste Spitze, von welcher sich jene jähe Abdachung herabzieht, fällt durch ihren geringen Umfang auf, sie ist nur die Ecke eines Kammes, welcher von dem eigentlichen Gipfel des Berges, der zweiten Spitze, sich herabzieht. Die horizontale Entfernung beider ist nur gering; sie sind jedoch durch eine schmale jähe Einsenkung, eine Scharte, getrennt, welche in Folge örtlicher Verwitterungen entstanden ist und nur mit grosser Vorsicht und mit langem Seile passirt werden kann. Auch der Kamm vorher bietet einige Schwierigkeiten wegen der jähren Abdachung zu beiden Seiten; man benützt jedoch hier wie an mehreren ähnlichen Puncten, z. B. an der Jungfrau, die dicken Lagen von Schnee, welche auf der einen Seite brückenartig hinausgeweht sind, um einen etwas breiteren Weg zu erlangen. Sie sind im allgemeinen mächtig genug, um einen hinlänglichen Halt zu gewähren.

Die zweite Spitze, eine grosse Felsenpyramide, ist ein sehr schöner Gipfel, der

1) Bei dieser Gelegenheit begleiteten uns Pius GRANEGGER, Bauer »beim PLATTL«, Valentin UNTERKIRCHNER genannt LINDL, und Veit BEUERL; der erstere bewohnte auch mit uns während unseres Gletscheraufenthaltes die Johannishütte, und kann ebenso wie die beiden Anderen in jeder Beziehung empfohlen werden.

sie wurden z. B. auch am Col du Géant von ELIE DE BEAUMONT beobachtet und von FORBES und STUDER am Col de Fenêtres (STUDER physik. Geographie, Seite 227).

2. Die Wildspitze.

Wir nahmen den 18. September 1847 unsern Weg von Vent über Stablein zum Rofnerkahr-gletscher, und suchten von einem Kamme auf dem rechten Ufer desselben zur Wildspitze zu gelangen. Schon um 10 Uhr erreichten wir hier ein Horn, hinter welchem steile Felsenwände jedes weitere Vordringen in dieser Richtung verhinderten. Wir stiegen über einen schneebedeckten Abhang von 49° Neigung auf das Firnmeer des Rofnerkahr-gletschers hinab und wandten uns über dasselbe dem jenseitigen Kamme zu, welcher sich mit geringen Unterbrechungen von der Spitze herabzieht. Ein sehr heftiger Nordostwind erhob sich gegen 11 Uhr und war für das Weiterkommen sehr hinderlich. Etwa eine Viertelstunde, ehe wir den Gipfel erreichten, fanden wir eine Schneewand von 8 Fuss Höhe und von einer Neigung nach einwärts (-3°), eines jener wechselnden Gebilde aus zusammengewehtem Schnee. Es machte uns einige Schwierigkeit, über dieselbe zu gelangen. Um 3 Uhr 45 Minuten erreichten wir die östlichere Spitze (11489'). Etwa 50 Fuss höher waren noch zwei westlichere Gipfel. Es führte zu ihnen eine Schneebrücke, die aber diesmal wegen des heftigen Windes nicht betreten werden konnte.

Auf dem Rückwege befolgten wir nur theilweise dieselbe Richtung. Wir verliessen beim »wilden Mandl« den Kamm und gelangten über den Gletscher des Rothenkahres um $6\frac{1}{2}$ Uhr zu den ersten Alpenhütten¹⁾. Ausser einem fruchtlosen Unternehmen zweier Bewohner von Sölden vor ungefähr 60 Jahren ist uns kein weiterer Versuch der Besteigung bekannt geworden.

3. Der Similaun.

Wir erreichten diesen in derselben Gebirgsgruppe gelegenen Gipfel (11135 Fuss) am 13. Sept. 1847 von »unserer lieben Frau« im Schnalserthale aus, über den Graf-gletscher ohne besondere Schwierigkeiten. Da wir von seiner Spitze nicht mehr nach Schnals zurückkehrten, sondern auf das Niederjoch hinabstiegen, fanden wir hier eine bedeutende Neigung und sehr zahlreiche Firnspalten²⁾.

1) Balthasar WINKLER (gewöhnlich BINDERHAUSER genannt), ein Hirte aus dem Passeierthale, begleitete uns bei dieser Gelegenheit mit vieler Ausdauer. Einen zweiten Führer konnten wir nicht erhalten.

2) Die Führer waren Michael ROFEINER und Johann DUMBNER, beide Arbeiter im Oberbrettererhofs in Schnals.

VI. Bemerkungen über die wichtigsten Erhebungen der Alpen.

Seitdem SAUSSURE zuerst eine Reihe von sorgfältigen und umfassenden Höhenbestimmungen in den Alpen anstellte, ist dieser Zweig der physicalischen Kenntnisse mit zahlreichen und gründlichen Untersuchungen bereichert worden. Vor allen waren hier die grossen geodätischen Arbeiten von Wichtigkeit, welche auf Veranlassung der Regierungen von Oestreich, Sardinien, der Schweiz, Baiern und Frankreich über das ganze Gebiet der Alpen ausgedehnt wurden. Die Ansichten über ihre Höhen haben auf diese Weise ungemeine Veränderungen erlitten, und es ist gegenwärtig höchst überraschend, in SCHEUCHZERS Naturgeschichte des Schweizerlandes noch vor hundert Jahren den Gott-hard als den höchsten Berg der Alpen angeführt zu sehen¹⁾, weil von keinem andern eine gleiche Anzahl so mächtiger Flüsse entspringe.

Die wenigen Daten, welche in der folgenden Tabelle vereinigt sind, mögen als eine Uebersicht einiger der wichtigsten Erhebungen dienen. Es wurden dabei vorzüglich jene ausgewählt, welche in den betreffenden Alpenzügen eine hervorragende Stelle einnehmen. Die Bedeutung eines Berges wird nicht nur durch seine absolute Höhe, sondern vorzüglich durch sein Verhältniss zu der Umgebung bedingt. So finden sich in den höchsten Theilen der Alpen viele Gipfel von 10000 bis 11000 Fuss, die mit Recht vernachlässigt werden, da sie auf die Configuration des Gebirges einen untergeordneten Einfluss ausüben, während in den niedrigeren Gruppen oft Erhebungen von 7000 bis 9000 Fuss als mächtige Centra auftreten und bei einer allgemeinen Uebersicht weit mehr berücksichtigt werden müssen²⁾.

1) Ausgabe von SULZER 1746. Th. I. S. 26.

2) Wir unterliessen es, die bekannten geographischen Verhältnisse, die Gliederung und Richtung der Alpenzüge, ihre wichtigsten Berge, Pässe und Thäler etc. hier zu wiederholen, da dieselben schon in allgemeinen und speciellen Werken vielfach zusammengestellt wurden; wir nennen RITTER's Erdkunde, 2. Auflage; BEITZKE, die Alpen, Colberg 1843; EBEL, Anleitung die Schweiz zu bereisen; BIDA WEBER, das Land Tyrol in 3 Bänden, Innsbruck 1830; SCHAUBACH, die deutschen Alpen, 1844 u. s. w., wo sich auch ausführlichere Angaben über die übrigen topographischen Arbeiten finden.

Name des Berges.	Höhe		Bemerkungen.
	Meter.	Pariser Fuss.	
Montblanc.			Die Höhe des Montblanc wurde öfters und mit grosser Sorgfalt bestimmt. Diese Messungen sind kritisch zusammengestellt in v. WELDEN's Monte Rosa nebst den Reisen von Zumstein. 1824. S. 21 u. s. w. SAUSSURE <i>Voyages dans les Alpes. Neufchatel</i> 1779—1796. IV. S. 192. §. 2003; die angeführte Höhe kann als sorgfältig gewähltes Mittel betrachtet werden.
	4775	14700	
		14764	v. WELDEN Monte Rosa S. 29.
		14760	CARLINI et OSTENDE. v. WELDEN M. R. S. 24f.
		14784	<i>Opérations géodésiques en Piémont T. II.</i>
	4800,4	14776,8	ESCHMANN trigon. Vermessungen der Schweiz S. 193.
		14802	ROGER, Bibl. Univ. Mai 1828, S. 24—53.
Monte Rosa.	4620	14222	v. WELDEN S. 29. SAUSSURE hatte 14580 erhalten, was jedenfalls zu hoch ist. <i>Voy.</i> IV. S. 349. §. 7135.
		14456	{ Nach den Beobachtungen von Zumstein
		14250	{ berechnet <i>Opér. géod. en Piémont T. II.</i>
Mont Cervin oder Matterhorn.	4504,6	13858	SAUSSURE T. IV. S. 413. §. 2242.
Finster-Aarhorn.	4275,4	13159	ESCHMANN's Ergebnisse der trigonometrischen Vermessungen in der Schweiz 1840. S. 191.
		13234	TRALLES in v. WELDEN S. 29.
Jungfrau.	4166,9	12827,6	ESCHMANN S. 192.
		12872	TRALLES in v. WELDEN S. 30.
Grand Pelvoux, östlich von Briançon, der höchste Punct Frankreichs.	4097	12612	v. WELDEN S. 30
	4105,4		in ELIE DE BEAUMONT et DUFRENOY <i>Mémoires pour servir à une description géologique de la France T. II.</i> 1834. S. 342 nach einer trigonometrischen Messung von DURAND und LECLERC.
Schreckhorn. Oestliche Spitze.	4082,5	12566	ESCHMANN S. 195.
		12560	TRALLES.
Mont Iseran in Savoyen.	4046	12456	v. WELDEN S. 30.
Mönch.	3976,4	12240	ESCHMANN S. 193.
		12666	TRALLES in WELDEN S. 30.
Grossglockner.	3949,5	12158	SCHLAGINTWEIT.
Ortles.	3917	12059	v. WELDEN S. 30.
		12020	Trigonometrisch bestimmte Höhen von Oesterreich, zusammengestellt von BAUMGARTNER. Wien 1832. S. 61.

Name des Berges.	Höhe		Bemerkungen.
	Meter.	Pariser Fuss.	
Weisskugel in der Oetzthaler Gruppe.	3846	11840	FALLON's Hypsometrie von Oestreich S. 35 und BAUMGARTNER S. 61.
Monte Viso.	3836	11809	CORABOEUF <i>Mémoires de la société de géographie</i> T. II. S. 43.
		11808	v. WELDEN nach PLANA.
Wildspitze.	3766	11592	BAUMGARTNER's Höhen von Oestreich S. 62.
	3732	11489	östliche Spitze SCHLAGINTWEIT.
Wetterhorn.	3707,2	11412,4	ESCHMANN S. 497.
		11453	TRALLES in v. WELDEN S. 30.
Dent Parrassée in Savoyen.	3699,3	11388	WELDEN S. 30 Trig.
Monte delle Disgrazie. Berninakette im Veltelin.	3676	11316	v. WELDEN S. 31. Trig.
Tödi.	3622,7	11152,3	ESCHMANN trigonometrische Vermessungen der Schweiz S. 496.
		11039	WEISS in v. WELDEN S. 31.
Similaun.	3617	11135	SCHLAGINTWEIT.
	3611	11117	BAUMGARTNER's Höhen von Oestreich S. 61.
Roche St. Michel. Höchste Spitze des Mont Cenis.	3493	10752	SAUSSURE <i>Voyages</i> T. III. S. 80. §. 4268.
Titlis Signal.	3234,7	9957,8	ESCHMANN S. 496.
Zugspitze in Baiern.	2946	9069	Trigonometrisch durch den k. bair. Generalstab in WALTHER's topischer Geographie von Baiern S. 322.
Terglou. Julische Alpen.	2848	8766	BAUMGARTNER's Höhen von Oestreich S. 99.
Watzmann in den Salzburger Alpen.	2658	8484	Trigon. in WALTHER S. 345.
Monte Baldo. Gipfel des Monte Maggiore. Südliche Alpen am Gardasee.	2300	7081	SCHOUW's <i>tableau du climat et de la végétation de l'Italie</i> Vol. I. Suppl. I. No. 78 u. 80.
Pilatus. Tomlishorn.	2132,6	6565,1	ESCHMANN S. 494.
Schneeberg in den östlichen Alpen.	2069	6370	Trig. durch den k. k. Generalstab bei BAUMGARTNER S. 49.
Rigi-Kulm.	1800	5541,2	ESCHMANN S. 495.

CAP. IX.

Ueber die Thalbildung und die Formen der Gebirgszüge in den Alpen.

Verschiedene Ansichten über die Thalbildung im allgemeinen. Muldenformen in den Hochalpen. Ihre Bedeutung für die gesammte Thalbildung. Querthäler. Das Oetzthal. Möllthal. Fusch-Gasteiner-Thal. Längenthäler. Drau- und Rienzthal. Allgemeiner Character. Verengerungen »Klausen«; Thore oder Pforten. Secundäre Querthäler. Kleinere Mulden und Einsenkungen an den Abhängen der Kämme. Täler der Kalkalpen. Isarthal. Formen der Gebirgszüge. Regelmässigkeit der Erhebung. Zusammenhang mit der Höhe der Thalsohlen. Verhältniss der mittleren Kamm- und Gipfelhöhen. Masse der Alpen. Berge und Gipfel. Ursachen der gegenwärtigen Formen der Täler und Gebirgszüge.

Indem wir einige specielle Untersuchungen über die Thalbildung und die Formen der Gebirgszüge anstellten, war es stets unser Bestreben dadurch einige Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Ursachen zu gewinnen, welche die Entstehung dieser äusseren Formen bedingen konnten. Ausser dem Interesse in geologischer Beziehung waren diese Untersuchungen auch noch für unsere übrigen physicalischen Arbeiten von Wichtigkeit. Die Temperatur, die Vegetation, überhaupt das ganze Klima eines Gebirges hängen innig damit zusammen, ob solches ein massiges, hoch erhobenes Plateau bildet und von wenigen Thalfurchen durchschnitten wird; oder ob es, wie die Alpen, aus einer Reihe von steil aufgerichteten, schmalen Gipfeln besteht, zwischen denen sich nach allen Richtungen weitgeöffnete Täler hinziehen.

Die Täler wurden bisweilen beinahe ausschliesslich als die Wirkungen von Wasser, oder von heftigen Strömungen angesehen, bald suchte man, besonders in neuerer Zeit, tiefer liegende Ursachen in der Schichtenstellung. Die erstere Ansicht war früher die herrschende. BOUGUET und BUFFON¹⁾ glaubten sogar, dass in den meisten Thälern die ausspringenden Winkel der einen Seite den einspringenden des entgegengesetzten Thalgehänges entsprechen, und alle Täler in schlangenartigen Windungen durch submarine Strömungen

1) *Théorie de la terre*. 1749.

entstanden seien, während PALLAS, SAUSSURE und WERNER theils Diluvialfluthen, theils die Erosion durch Ströme und atmosphärische Niederschläge als Ursache der Thalbildung ansahen, ohne eine allgemeine Regelmässigkeit und weit verbreitete Meeresströmungen anzunehmen.¹⁾ Auch schrieb man einer theilweisen Umwälzung und Einstürzung der Schichten einen localen Einfluss zu.²⁾

Es dürfte als ein Fehler ähnlicher Ansichten zu betrachten sein, dass man die mannigfachen Formen der Thäler nur unter einem Gesichtspuncte zusammenfasste, und sie mit wenigen Modificationen auf eine Ursache zurückführte. Und doch erkennt man leicht, wie sehr sich die grossen Erosionsthäler der Flüsse in Geschieben oder in leicht zerstörbaren Ablagerungen von den vielfach verzweigten Thälern hoher Gebirge unterscheiden, welche sich bald zu schönen Becken erweitern, bald in enge Schluchten übergehen. Es erhebt sich dabei zu beiden Seiten viele tausend Fuss hoch eine Gebirgsmasse in den mannigfachsten Gestaltungen, während wir in den ersteren Thalbildungen über den Gehängen zu beiden Seiten in geringer Höhe oft fast ganz horizontale Plateaus antreffen. In den Alpen wird es durch die grossartige Masse des Gebirges und die verschiedenartigen Abhänge und Gipfel sehr schwer, bestimmte Gruppen und Gesetze zu unterscheiden; auch die Vegetation, die Cultur und vor allem die Producte der Verwitterung verhüllen oft die ursprüngliche Form des Gebirges. Um die daraus hervorgehenden Täuschungen zu vermeiden, ist es sehr vortheilhaft, dieselben Thäler in einem längeren Zwischenraume abermals zu untersuchen. Es war uns dieses vorzüglich in den Tauern und im Oetzthale möglich, wo wir in zwei verschiedenen Jahren längere Zeit verweilten. Die folgenden Untersuchungen gingen zunächst von den krystallinischen Schiefern der Hochalpen aus, es wurden jedoch auch die entsprechenden Formen in den Kalkzügen berücksichtigt. Wir suchten dabei, durch Benützung unserer Höhenbestimmungen, durch die Zusammenstellung von Neigungen und durch die Construction einiger Profile möglichst zahlreiche, sicherstehende Daten zu erhalten, welche dazu dienen können, ein richtiges und scharfbegrenztes Bild der charakteristischen Formen zu geben. Solche specielle Untersuchungen dürften auch für die allgemeinen Fragen der Geologie nicht ohne Werth sein. L. v. Buch hat in seinen bekannten Untersuchungen »über Granit und Gneuss« gezeigt,³⁾ wie innig ihre äusseren Formen mit den wichtigsten Processen zusammenhängen, welche bei ihrem Erscheinen auf der Erdoberfläche stattgefunden haben.

Muldenformen in den Hochalpen.

Das obere Ende der Thäler ist für die Characteristik ihrer Formen sehr wesentlich. In den Alpen trifft man dort eigenthümliche Mulden, welche auch zuweilen die grossen Firnmeere beherbergen, die für die Existenz der Gletscher so wichtig sind. Man hat für diese Formen

1) Man vergleiche hierzu Voigt über die Bildung der Thäler. 1791.

2) D'AUBUISSON, Traité de Géognosie I. 1819.

3) Berlin, Abhandlungen der Academie für 1842.

die Bezeichnung Mulde oder Circus gebraucht, im Französischen *cirque (de névé)*; in vielen Theilen der deutschen Alpen findet sich auch der Name »Kahr«¹⁾. Die Eis- und Firnmassen der Gletscher sind sehr geeignet, diese Verhältnisse im Grossen klarer hervortreten zu lassen, indem sie kleine, unwesentliche Unebenheiten bedecken. Sie könnten nur bisweilen dadurch stören, dass die Kämme, welche die Mulde umschliessen, theilweise als Schneeanhäufungen erscheinen, und deshalb früher oft als blosser Schnee- und Eisberge angegeben wurden, während sie sich doch als ganz regelmässige Felsenkämme bei näherer Untersuchung zeigen. Die relative Erhebung dieser letzteren ist sehr verschieden; besonders in den hintersten, höchsten Theilen ist sie oft so gering, dass nur einige groteske, ungeheuer zerklüftete Felsennadeln die Grenze der Mulde bilden; ihre Sohle ist häufig durch die Firnmassen unseren Blicken entzogen, diess hindert jedoch nur wenig, ihre Gestalt aus der Lage der Firndecke und aus der Richtung der Spalten zu erkennen. Auch kann man oft in etwas geringeren Höhen ganz ähnliche Formen ohne Schneebedeckung mit ihnen vergleichen. Sie unterscheiden sich ziemlich deutlich von den eigentlichen »Kesselthälern«; in diesen müssten die Linien der Neigung radienförmig gegen einen Mittelpunkt zusammenlaufen. In den alpinen Mulden zeigt sich in der Richtung der Queraxe von den beiden Rändern eine entschiedene Neigung gegen die Mitte; und wir können eine Art von Mittelinie durch die ganze Mulde herab mehr oder weniger deutlich verfolgen. Allein diese Linie und mit ihr die ganze Mulde hat eine sehr constante Neigung gegen den vorderen Ausgang. Dadurch dass der Boden selbst nicht horizontal ist, geschah es, dass auf vielen Karten diese Thalformen so schwer zu erkennen sind, indem die bei weitem grössere Neigung der begränzenden Wände in der Schraffirung nicht bestimmt genug von der sanfteren Neigung der Mulden selbst unterschieden ist. Die Ausdehnung derselben ist sehr bedeutend und die grössten, unter welchen sich besonders die Firnmeere der Gletscher auszeichnen, erreichen $\frac{1}{2}$ Quadratmeile und darüber. Nach rückwärts und nach den Seiten sind sie durch Kämme geschlossen, welche sie in der Form eines Kreissegmentes, natürlich mit manchen Unregelmässigkeiten, umgeben. Nach vorne gehen sie in schmälere, langgestreckte Thäler über. Der Uebergang kann allmählich sein, meistens aber ist er ziemlich plötzlich. Die Mulde ist dort ganz offen, hat aber dabei sehr oft eine Breite von 2000 bis 3000 Fuss, so dass es vollständig unmöglich wäre, hier eine Oeffnung in Folge von gewaltsamen Wasserausbrüchen anzunehmen. Es kann keine grosse Wasseransammlung sich gebildet haben, wo kein Damm vorhanden war, der ihr Abfliessen verhinderte; auch könnte derselbe nur in einer tiefen Furche durchschnitten, nicht der ganzen Breite nach spurlos hinweggenommen sein.

Den Typus, welchen wir bei diesen Mulden an den oberen Enden der Thäler bemerken (nämlich eine Erweiterung nicht in Folge zufälliger Ursachen, sondern in dem Zurücktreten der begränzenden Bergzüge und in dem ganzen Reliefe bedingt), finden wir auch in der weiteren Entwicklung der Thäler stets wieder. Diese Erweiterungen sind unter sich

1) Vergleiche Seite 44.

durch Thalengen verbunden, wodurch allerdings ihre ursprünglich sehr einfachen Formen etwas verändert werden. Die Aufeinanderfolge von weiten Becken und Thalengen ist besonders in allen Querthälern der Alpen ungemein deutlich und sie wurde in den Thälern der Aar, Linth, Reuss, Gastein u. s. w. schon von SAUSSURE, Leopold von BUCH, ESCHER, STUDER und Anderen angegeben.

Wir werden diese Erscheinungen am übersichtlichsten darstellen, wenn wir einzelne Thäler, in denen sie sehr deutlich entwickelt sind, aufmerksam von unten nach aufwärts verfolgen. Es ist dabei unvermeidlich, zur Erläuterung der Profile auf einige mehr topographische Einzelheiten einzugehen, indem sie zur näheren Characteristik der Formen nicht wohl entbehrt werden können.

Querthäler.

1. Das Oetzthal.

Die Mündung dieses Thales in das breite Längenthal des Inn, 5—6 Meilen oberhalb Innsbruck, wird durch eine schmale Oeffnung zwischen den Glimmerschieferbergen des rechten Ufers gebildet. Nur die grosse Wassermasse der Oetz zeigt an dieser Stelle, dass hinter der engen Spalte noch ein ausgedehntes Thal sich entwickeln muss. Es ist aus einer Reihe von grossen Becken und Thalweitungen zusammengesetzt. Die Berge weichen dort meist auf beiden Seiten, seltener bloss auf der einen zurück und schliessen eine breite ebene Thalsohle ein. Diese Becken können auf zweierlei Weise verbunden sein. Entweder ist es nur eine plötzliche Senkung der Thalsohle, eine hohe Wand, welche sie trennt, oder es findet eine längere Unterbrechung durch eine Thalschlucht statt. Das letztere ist hier häufiger, während wir die steilen Senkungen in den Tauern sehr entwickelt fanden. Man kann auf diese Weise im Oetzthale mehrere Stufen unterscheiden, welche auf dem Profile ebenfalls angegeben sind. Siehe auf der folgenden Seite Fig. 64.

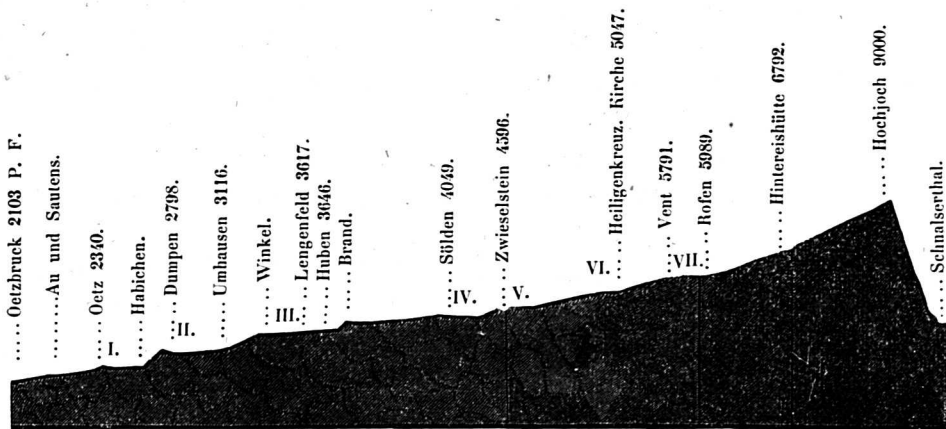
Von der Mündung bis Dorf Oetz. Der Fluss hat bis in die Nähe von Au schon das eigentliche Thal verlassen und läuft in einem tiefen Erosionsbette zwischen grossen Schuttanhäufungen und den Kalkterrassen, welche hier von dem linken Ufer des Inn auf das rechte übergreifen. Das Thal selbst ist schluchtartig und ziemlich geneigt.

Erstes Becken bei Oetz, sehr weit und eben, theilweise mit Geröllablagerungen erfüllt, setzt sich bis Habichen fort.

Zwischen Habichen und Dumpen; jähe Senkung; sie ist sehr steil und hat eine relative Höhe von 300 Fuss, mit grossen Blöcken von Gneuss bedeckt die grossentheils durch Verwitterung an Ort und Stelle entstanden sind.

Zweites Becken bei Umhausen. Bemerkenswerth sind einige Kuppen von anstehendem Gestein, welche in demselben 400—450 Fuss hoch sich finden. Sie wiederholen sich noch in manchen ähnlichen Thälern.

Fig. 64.



Profil des Oetzthales.

Richtung des Durchschnittes im allgemeinen von Norden nach Süden. Die drei vertical stehenden Axen bezeichnen jene Punkte, wo in dem Thale grössere Aenderungen der Richtung stattfinden. Verhältniss des Höhen- zu dem Längengradsstabe = 1:6. Die römischen Ziffern beziehen sich auf die Reihenfolge der Thalbecken.

Von Umhausen bis Winkel, Thalverengung; mit bedeutender Neigung und verschiedenartigen Wirkungen der Erosion.

Drittes Becken enthält die Orte Winkel, Lengelfeld und Huben. Es ist das längste und regelmässigste und nur von geringer Neigung.

Von Huben bis Sölden ist die längste Thalverengung. Die Neigung ist sehr bedeutend; die Berge treten so nahe zusammen, dass der Bach meistens den ganzen Thalboden einnimmt, wo er Erosionen bis zu 20 und 60 Fuss Tiefe bewirkt hat. Im Winkel und im Brand findet sich eine etwas breitere Thalsole mit geringerer Neigung.

Viertes Becken bei Sölden. Es ist weniger gross als die vorhergehenden und unterscheidet sich auch dadurch, dass die Neigungen in demselben sowohl thalabwärts als gegen die seitlichen Berge weit mannigfacher und bedeutender sind.

Von Sölden bis Zwieselstein. Eine kurze aber sehr enge Schlucht; sie charakterisirt sich dadurch, dass wir in ihr, durch den bedeutenden Fall des Wassers begünstigt, die tiefsten Erosionen finden. Gleich oberhalb Sölden bemerkt man die Spuren des alten Flussbettes durch Auswaschungen im festen Gesteine oberhalb dem rechten Ufer des Baches, der jetzt etwas seitwärts, 80 Fuss tiefer fliesst. Erst 100 bis 200 Fuss über demselben gestattete die steile Neigung der Berge durch Stützen und durch Sprengung der Felsen einen schmalen Weg anzulegen.

Fünftes Becken bei Zwieselstein. Dasselbe ist nicht sehr bedeutend. Das Oetzthal theilt sich hier in zwei Theile, wir verfolgen jenen nach Vent und Rofen.

Von Zwieselstein bis Heiligenkreuz; das Thal ist enger und hat keine culturfähige Sohle. Die Neigung ist weniger bedeutend als in der vorhergehenden Verengung.

Sechstes Becken bei Heiligenkreuz. Dasselbe ist klein und die Erweiterung nur auf die linke Seite beschränkt. Die Neigung ist ziemlich bedeutend, jedoch von hoch gelegenen Puncten, z. B. der Kirche aus, lässt sich die Mulde deutlich erkennen.

Von Heiligenkreuz bis Vent behält das Thal einen sehr gleichmässigen Character. Nur zuweilen tritt die eine Seite der Berge etwas zurück, z. B. bei Winterstall, wo ein Paar Häuser die schmale Thalsole benützten; von da aufwärts sind die Abhänge sich sehr genähert; auffallend ist die bedeutende Zertrümmerung des Gesteines durch die Verwitterung und die Lawinenwirkung, welche hier mit der grösseren Erhebung eintritt.

Siebentes Becken bei Vent. Dasselbe ist zwar kleiner als jenes von Sülden, aber durch seine Regelmässigkeit in so grosser Höhe überraschend. Der ebene Thalboden schneidet sich meistens scharf von den begränzenden Bergen ab; es ist diess besonders auf der rechten Seite der Fall, während auf der linken zuweilen ein allmählicherer Uebergang Statt findet. Der Boden dieser merkwürdigen Mulde, die auch durch ihre grosse absolute Höhe (5800 P. F.) unsere Aufmerksamkeit verdient, ist nicht ganz eben; er zeigt mannigfache Unregelmässigkeiten, die alle durch hervorstehende feste Gesteinmassen bedingt sind. Die Zwischenräume sind jetzt theilweise mit Geröll bis zu 20 Fuss Mächtigkeit erfüllt, was an mehreren Stellen sehr deutlich ist, wo durch die plötzliche Entleerung des Gletschersees hinter dem Vernagt schöne Entblössungen entstanden. In dem Laufe des Wassers müssen die erwähnten Unebenheiten manche Veränderungen bewirkt haben. Dasselbe wurde durch diese Erhöhungen theilweise aufgehalten, es musste kleine Tümpel von 20 — 30 Fuss Tiefe bilden, bis es allmählich die Felsen durchnagt hatte.

Von Vent bis zum Hochjoch. Oberhalb Vent findet die zweite Gabeltheilung statt. Es beginnt in dem Hauptthale sogleich eine grössere Neigung; dieses wird enger und besonders auf der rechten Seite fallen die Wände ganz steil zur Oetz ab. Die linken Abhänge sind stets etwas sanfter geneigt; bei Rofen zeigen sie eine flachere Einsattlung, welche die Rofnerhöfe einnehmen. Es ziehen sich hierauf Terrassen und niedere Abfälle vom Platteiberge bis zum Bache herab. Bei dem Vernagt-, Hintereis- und Hochjochgletscher findet sodann eine fächerförmige Vertheilung des Thales statt, welche nach allen Seiten in die grossen weiten Firnmeere endet.¹⁾ Die Neigung in diesen hintersten Theilen ist im Mittel ziemlich bedeutend. Diese Verhältnisse, so wie die wichtigsten Formen der Bergzüge und Gipfel wird auf Tafel VI in einer grösseren Uebersicht vereinigt.

Die Abzweigungen des Oetzthales, welche wir bei Zwieselstein und bei Vent bemerkten, haben die gemeinsame Eigenschaft, dass sie bei ihrer Mündung ein etwas

höheres Niveau als das Hauptthal einnehmen. Es ziehen sich steile Senkungen von ihnen herab und wir müssen uns wohl 2—300 Fuss rasch erheben, ehe wir wieder in eine ausgesprochene Thalsole gelangen. In dem Niederthale bei Vent tritt über dieser Terrasse keine grössere Mulde mehr auf; nur zuweilen sind die Abhänge der linken Seite etwas sanfter geneigt, ähnlich wie bei Rofen, so dass sie Raum für mehrere Alpenhütten gewähren. Mit dem Marcell-, Stock- und Niederjochgletscher beginnt dann die fächerförmige Vertheilung. Das Gurglerthal ist weit bedeutender als das Niederthal. Wenn man oberhalb dem Abfalle des Thales bei Zwieselstein die Thalsole selbst erreicht hat, ist die Schlucht so enge, dass der Weg meist ziemlich hoch an den beiden Abhängen hinführt. Bei Pill befindet sich hingegen eine sehr schöne Erweiterung, welche sich bis Gurgl fortsetzt und dort eine grössere Mulde als jene von Vent bildet. Sehr bemerkenswerth sind die bedeutenden Unebenheiten in derselben, welche im »Birchittenkogel« in der Mitte des Thales eine Höhe von 300—400 Fuss erreichen. Hinter Gurgl wiederholen sich fast ganz die Verhältnisse, die wir oberhalb Rofen bemerkten. Mannigfach geformte Terrassen ziehen sich als Ausläufer des Hangererkogels in das Thal herab, welches sie sehr verengen, bis es beim Langthaler und Oetzthaler Gletscher sich in zwei Arme trennt.

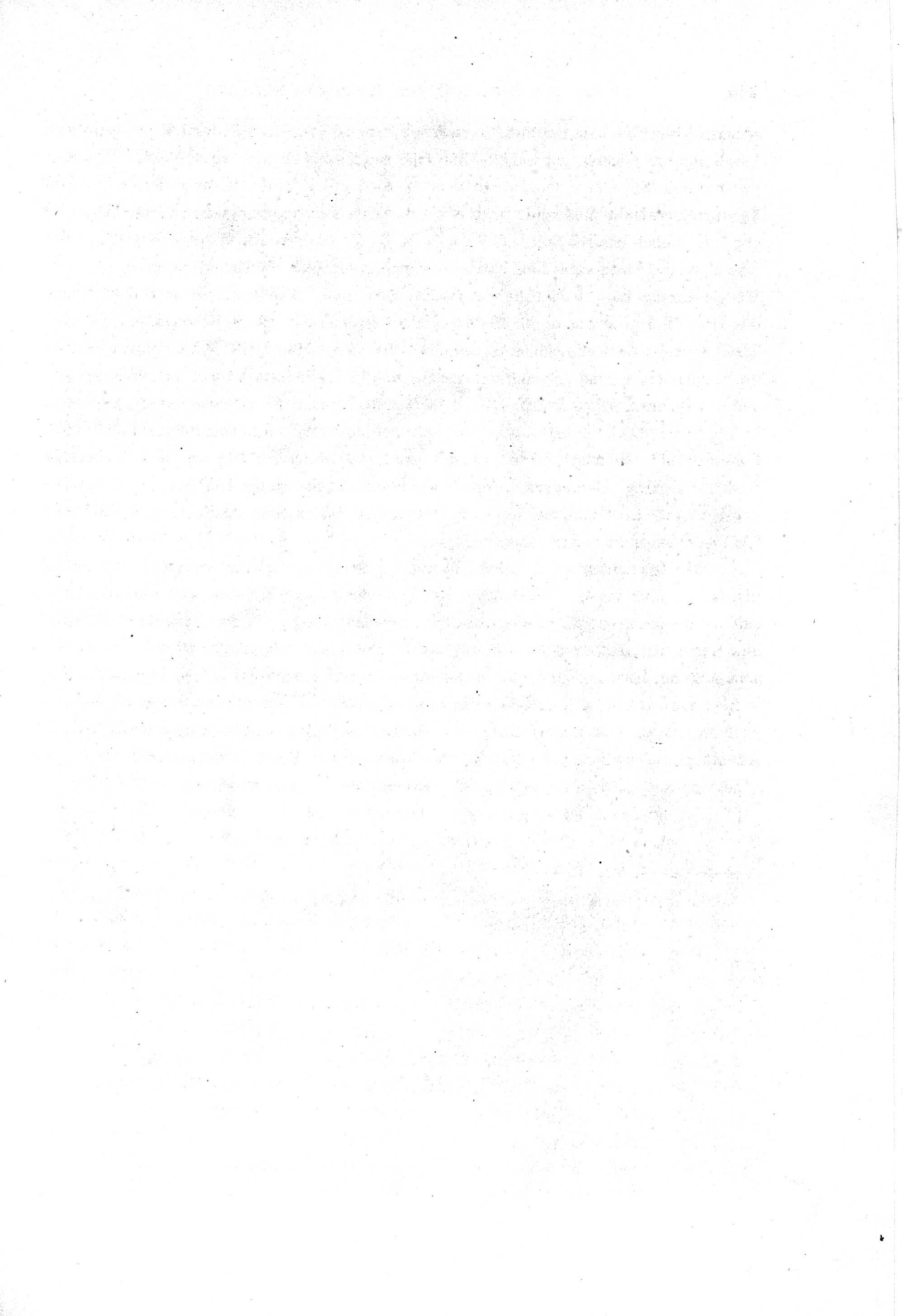
Wir erwähnten schon früher, dass der Wechsel der Neigung in enger Beziehung zu den Becken und Engen des Oetzthales stehe, indem die ersteren stets weit sanfter geneigt sind als die letzteren. Ein anderes Gesetz, welches ebenfalls in der graphischen Darstellung hervortritt, ist, dass die mittlere Neigung nach oben stets grösser wird. Ihre Werthe sind aus den horizontalen Entfernungen und den Differenzen der Höhen berechnet. Die in Klammern beigefügten Orte bezeichnen jene, welche den angeführten Höhen am meisten entsprechen. Wir erhalten auf diese Weise die folgenden Zahlen, welche uns diese Erscheinung, welche bei allen Thälern sich wiederholt, sehr deutlich veranschaulichen.

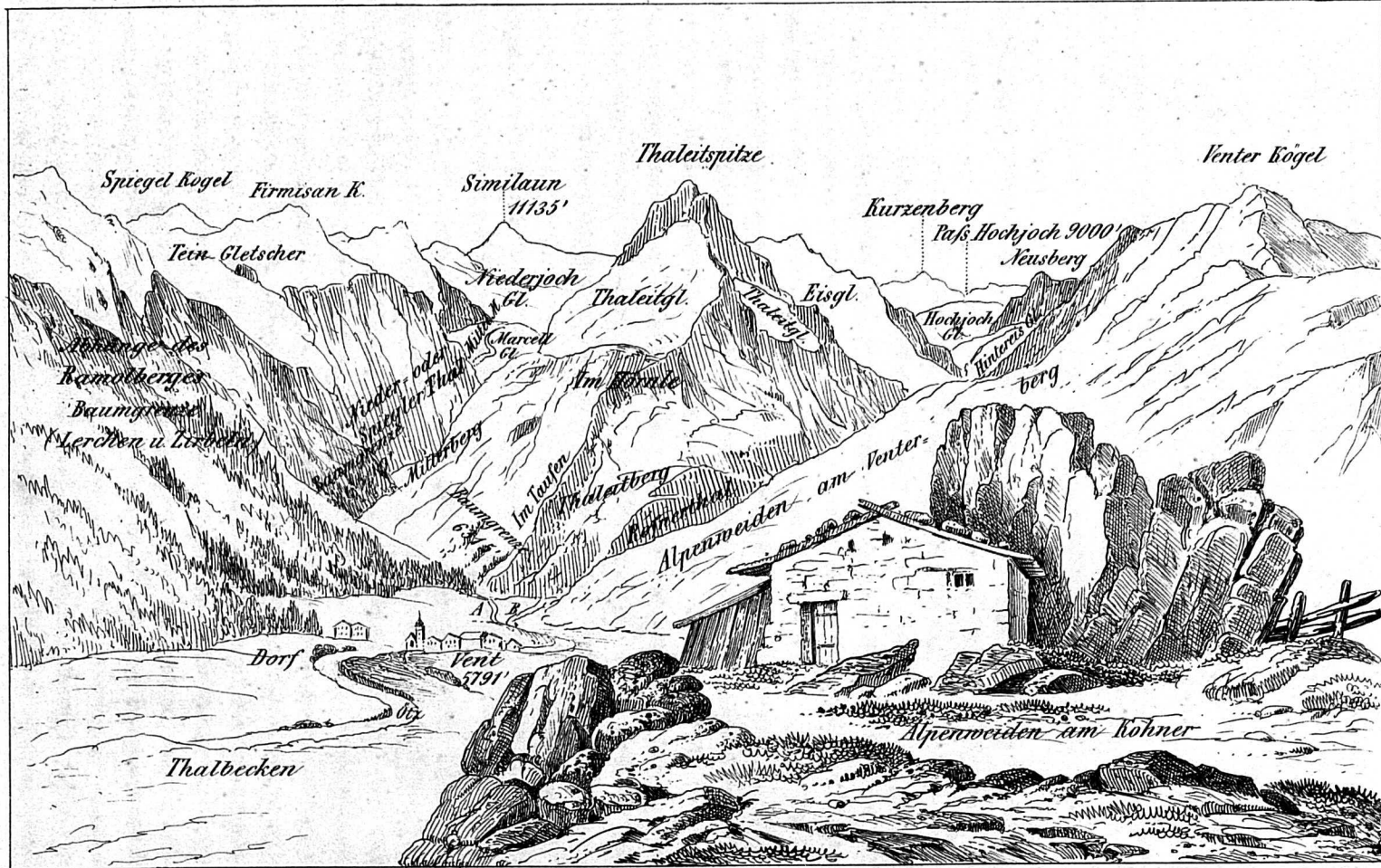
Mittlere Neigung von 2000—4000 Fuss (Oetzbruck bis Sölden) 4° 40'.

» » » 4000—6000 » (Sölden bis Rofen) 2°.

» » » 6000—9000 » (Rofen bis Hochjoch) 6°.

1) Dieses Terrain ist auf unserer Karte der Oetzthaler Gruppe enthalten, welche wir damit zu vergleichen bitten.





A. Zufluss der Otz aus dem Niederthale. B. Zufluss aus dem Rohnerthale.

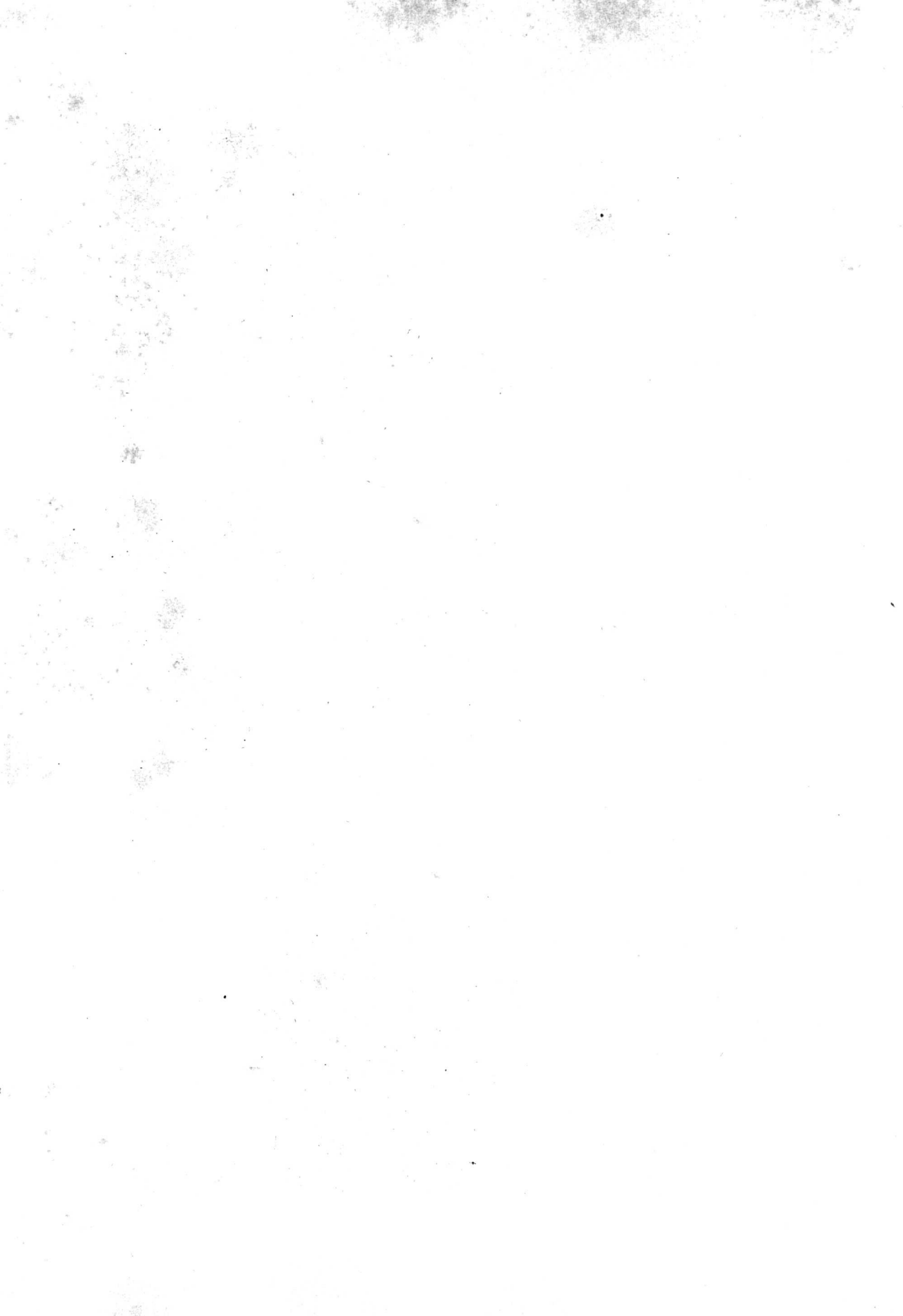


Nach d. Nat. gez. v. Adolph Schlagenweit 1847.

Gedr. b. Windelmann u. Söhne in Berlin.

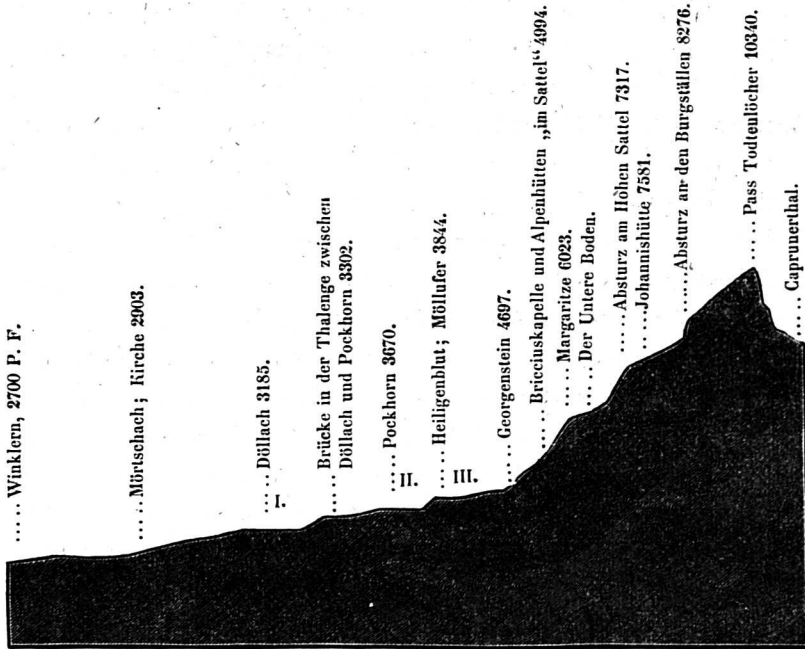
Lith. v. H. Mützel.

Uebersicht des Venter-Thales.



2. Das Möllthal.

Fig. 65.



Profil des Möllthales.

Richtung des Durchschnittes von Südosten nach Nordwesten. Verhältniss des Höhen- zum Längenmassstabe = 1:6.
Die römischen Ziffern beziehen sich auf die Reihenfolge der Thalbecken.

Von der Mündung in die Drau bei Möllbruck bis Winklarn ist die Neigung nur gering, die Bergzüge sind so weit getrennt, dass sie stets einer mehr oder minder breiten Thalsohle Raum geben; nur zuweilen treten kleinere Verengungen und Verschüttungen durch Erdstürze ein. Das Thal hat so den Character eines regelmässigeren Längenthales angenommen, indem es auch ziemlich parallel mit der Drau, Sau u. s. w. zieht.

Von Winklarn bis Döllach. Ein grösseres Becken findet sich hier noch nicht. Im Beginne ist das Thal sehr eng, so dass kaum die schmale Strasse neben der Möll Platz findet; auf den Abhängen der rechten Seite sind einige terrassenförmige cultivirte Anhöhen. Der Thalboden wird etwas breiter bei St. Maria. Durch die Terrasse, auf welcher Mörtlach liegt, wird das Thal wieder völlig verengt, und bildet nur beim Eintritt des Wagenitzbaches eine kleine Erweiterung.

Erstes Becken bei Döllach. Dasselbe ist sehr bedeutend. Die Berge sind besonders am linken Ufer in einem weiten Bogen zurückgewichen. Diese Abhänge sind ebenfalls sanft geneigt, viel bebaut und tragen das Dorf Sagritz.

Von Döllach bis Pockhorn. Die Verengung des Thales tritt hier nicht ganz plötzlich ein. Das Gefälle wird aber bald bedeutend stärker, die Möll nimmt dann den ganzen Thalboden ein.

Zweites Becken von Pockhorn. Dasselbe ist gegen die vorhergehende Enge scharf begrenzt. Die Thalsohle ist breit und wenig geneigt.

Zwischen Pockhorn und Heiligenblut befindet sich eine jähe Senkung von 160 Fuss Höhe, der »Kniebeiss« genannt; derselbe ist durch den Schulerbühel und einige kleinere Anhöhen mit den Bergen der linken Seite in Verbindung.

Drittes Becken von Heiligenblut. Es zeichnet sich durch seinen Umfang vorzugsweise aus. Die höchste Stelle der Wand, welche es von Pockhorn trennt, liegt etwas höher als das mittlere Niveau des Heiligenbluter Beckens; daher kommt es, dass wir thalabwärts sehend, am Rande desselben einige kleine Erhöhungen bemerken. Die Möll musste dadurch früher etwas zurückgehalten werden; aber jetzt hat sie sich ein Bett durch den Felsen gegraben und bildet zugleich einen bedeutenden Wasserfall über die Senkung hinab. Die ebene Thalsohle ist sehr bedeutend und theilweise durch die Möll mit Geschieben erfüllt; eine allgemeine Wasseransammlung war hier durch den fast völlig freien Abfluss unmöglich. Die Abhänge auf der rechten Seite des Thales sind steil, jene auf der linken sehr sanft geneigt. Die Felsen bilden auf ihnen einige terrassenförmige Abstufungen, welche die Kirche und den grössten Theil der Häuser tragen. In dem hinteren Theile des Beckens finden sich wieder viele hervorstehende, ganz scharfkantige Felsenmassen, die bisweilen kleine bewaldete Hügel bilden.

Von Heiligenblut bis zur Margaritze. Ein hoher, sehr bedeutender Absturz schliesst das dritte Becken völlig ab. Ueber ihm ist die Neigung fortwährend sehr bedeutend; die Möll fliesst in einer Schlucht, die bei dem starken Fall durch Erosion noch mehr vertieft wurde und ganz unzugänglich ist. An den Abhängen sind öfters kleine Einsattlungen, wie bei den Alpenhütten im »Sattel«; später folgen die schönen Terrassen auf der Oberen und Unteren Seite.

Der Pasterzengletscher nimmt von hier weg das Thal ein. Seine Theile sind der Untere Boden, eine schöne Erweiterung des Thales, der Absturz »am Hohen Sattel« und das ebenere Thal des Gletschers von hier bis zu den Firnmeeren. Dort begegnen wir einer neuen noch bedeutenderen Senkung des Thales, welche uns schon früher als die Grenze zwischen Firn und Gletscher wichtig geworden ist. Für die vorliegenden Betrachtungen sind besonders hervorzuheben jene drei Hervorragungen, welche auf unserer Karte als grosser, kleiner und mittlerer Burgstall angegeben sind. Sie sind ganz ähnlich den Hügeln im Heiligenbluterthale, nämlich bedeutende Unregelmässigkeiten des Bodens.

Die grossen Mulden der Firnmeere; sie theilen sich in zwei Gruppen rechts und links vom Johannisberg.

Die mittleren Neigungen des Thales sind Folgende.

1700—3000 Fuss (Möllbruck bis Mörtlach) 0° 30'.

3000—4000 » (Mörtlach bis Heiligenblut) 2°.

4000— 6000 Fuss (Heiligenblut bis Margaritze) 7°.

6000—10000 » (Margaritze bis Todtenlöcher) 9°.

Vergleichen wir diese Zahlen und das Profil des Möllthals mit jenen des Oetzthals, so fällt uns die grössere Neigung auf, welche wir in dem ersteren in Höhen über 4000 bemerken. Das Möllthal ist hier gleichsam verkürzt. Die Becken konnten sich bei weitem nicht so schön und zahlreich entwickeln, als dies im Oetzthale gerade zwischen 4000 und 6000 Fuss noch der Fall ist. Es treten weit mehr jähe Abdachungen ein, und die Thalsole gelangt schon nach kurzer Längenerstreckung zu geringen Höhen herab. In den untersten Theilen wird die Neigung dann ungemein klein, sie ist jedoch hier mit dem Oetzthale nicht mehr vergleichbar, da das Möllthal seine Richtung ändert und dadurch im Verhältniss zur Richtung der Gebirgsketten ein Längenthal wird.

Wir fügen diesen Betrachtungen noch das Profil des Fuschthales hinzu, welches sich nördlich vom Kamme der Tauern parallel mit mehreren anderen Querthälern hinabzieht.

3. F u s c h t h a l.

Von dem Eingange bis Dorf Fusch. Die Berge sind weit genug entfernt, um einer schmalen Thalsole noch neben dem Bache Raum zu geben.

Erstes Becken bei dem Dorfe Fusch. Die Neigung ist sehr gering; es reicht bis in die Nähe des Weilers Embach.

Von Embach bis Fehrleiten. Thalenge. Die Neigung ist ungemein bedeutend; das Wasser fliesst in einer tiefen Schlucht, oberhalb welcher die Abhänge zuweilen kleine Terrassen bilden, ähnlich jenen von Heiligenblut bis zur Margaritze.

Zweites Becken von Fehrleiten. Dieses hat einen ungemeinen Umfang und eine sehr flache Sohle. Nach aufwärts macht sich das Becken noch längere Zeit durch eine bedeutende Erweiterung des Thales geltend.

Von Fehrleiten bis zum Kamme. Das Thal geht hier in hohe Wände über, in denen die Thalsole nur durch eine schwache Einsenkung erkennbar ist. Zuweilen finden sich unbedeutende Einsattlungen und weiter oben einige kleine secundäre Mulden.

Neigungen :

2200—2500 Fuss (Eingang des Thales bis Dorf Fusch) 0° 30'.

2500—4000 » (Fusch bis über Fehrleiten) 4°.

4000—7500 » (Becken von Fehrleiten bis zum Kamme) 12°.

Wir dürfen hier auch die schönen Becken des Gasteinerthales erwähnen, welche durch die Beschreibung von Leop. v. Buch¹⁾ schon im Anfange dieses Jahrhunderts bekannt wurden. Seine vorzüglichsten Mulden sind bei Dorf Gastein, Böckstein und im Nassfelde. Die erstere derselben ist von dem Längenthale des Pinzgaus durch eine stark geneigte schmale Thalenge getrennt, die »Lender Klamm,« in welcher die Wirkungen der Erosion sich bedeutend ge-

1) Beobachtungen auf Reisen in Deutschland u. s. w. Band I. Seite 237.

äussert haben. Von dem Becken von Bockstein jedoch wird sie nur durch eine plötzliche steile Senkung des Thales getrennt, über welche der Bach hart neben dem Wildbad Gastein die bekannten Wasserfälle bildet. Wir bemerken dort Erosionen von 70 bis 220 Fuss Tiefe; über dieser Felsenmauer breitet sich dann die weite Sohle des Bocksteiner Beckens aus.

Es wäre ermüdend, in einer grösseren Zahl von Querthälern diese Formen zu verfolgen. Aehnliche Mulden- und Circusthäler finden sich ausser in dem ganzen Alpenzuge auch in den Pyrenäen¹⁾, dem Jura und anderen Gebirgen; sie wurden schon von HUTTON und PLAYFAIR in England beobachtet, die Untersuchung derselben dürfte daher ein ganz generelles Interesse haben. Wir bemerken jedoch, dass wir uns hier einzig auf die Thäler der Alpen beschränken.

Wir müssen jetzt untersuchen, ob die erwähnten Becken und Mulden grösseren Wasseransammlungen ihre Form verdanken, oder ob überhaupt solche in denselben möglich waren. Wäre das erstere der Fall, so müssten dieselben als kesselförmige Vertiefungen betrachtet werden, die nach und nach mit Schutt ausgefüllt wurden und nun eingeebnet vorliegen. Allein diesem widerspricht entschieden der Umstand, dass wir nicht nur sehr häufig hervorstehende Felsen finden, sondern dass auch dieselben in nur geringer Tiefe von 10 bis 12 Fuss unter der Erde und dem Geröll fast stets anstehend vorkommen. Dass aber die Muldenform überhaupt, nämlich das Zurückweichen der beiderseitigen Thalgehänge, nicht durch die Existenz eines Sees bewirkt werden konnte, ist an sich klar. Wir würden sonst die Folge mit der Ursache verwechseln. Die zweite Frage, ob überhaupt Wasseransammlungen dort gewesen sind, lässt sich in den meisten Fällen leicht beantworten. Wir finden in diesen Becken gewöhnlich kleinere Gerölllagen, welche durch ihre gleichmässige Verbreitung sich entschieden als Sedimente aus stehenden Gewässern characterisiren. Als Veranlassung genügten in vielen Fällen schon die Unebenheiten, welche sich in der Thalsole selbst finden. Zuweilen (z. B. bei Lengenfeld) zeigt jedoch auch die Form der darauf folgenden Thalenge und die Tiefe des Erosionsflussbettes dass hier eine Hemmung des Wasserlaufes stattgefunden hat. Jedenfalls waren diese Wirkungen nur untergeordnet und alles weist darauf hin, hier tiefer liegende Ursachen in der Form des ganzen Gebirges und in einer ursprünglichen Thalbildung zu suchen. Dieses wird noch deutlicher, wenn wir bedenken, dass viele solcher Becken nur durch jähe Senkungen, ähnlich den Terrassenabfällen, getrennt sind. Es fehlen dann alle Felsendämme, welche eine grosse Wasseransammlung hätten bewirken können.

Längenthäler.

Die Abwechslung von Becken und Thalengen, welche in den Querthälern so constant auftritt, lässt sich auch bei den Längenthälern verfolgen. Diese Erscheinungen erleiden jedoch hier einige Modificationen durch die grosse Längenerstreckung und die geringere Höhe und Neigung der Thäler. Ihre Zahl ist in den Alpen sehr gross; ehe wir zu ganz allgemeinen Betrachtungen übergehen, wollen wir für die wichtigsten Erscheinungen

1) Z. B. der bedeutende *Cirque de Troumouse*, am Ursprunge des Thales von Héas, u. s. w.

specielle Beispiele in den Längenthälern der Drau und Rienz anführen. Dieselben bilden eigentlich nur eine grosse Thaleinsenkung (das Pusterthal), welche die lange Kette krystallinischer Schiefer in den Tauern von den südlichen Kalkgebirgen trennt und nach zwei verschiedenen Seiten sich abdacht.

Das Drauthal.¹⁾

In dem oberen Theile desselben von Lienz bis zu seinem Ursprunge können wir deutlich drei Etagen unterscheiden.

Das grosse Becken von Lienz bildet die erste, jenes von Sillian die zweite Stufe; die Thalenge, welche sie verbindet, ist sehr lang; die Glimmerschiefer auf der einen und besonders die Kalkberge auf der anderen Seite steigen hoch empor; es ist dieser Engpass als Lienzer Klausen bezeichnet. Später wird die Thalsohle etwas breiter, die Neigung aber bleibt stets ziemlich bedeutend.

Das zweite ausgedehnte Becken von Sillian ist stark mit Geröll eingeebnet, theilweise noch mit Sümpfen erfüllt und trägt alle Spuren eines früheren Seebeckens. Auch die auffallend geringe Neigung des Bodens, in welcher sich die Drau in vielen Windungen bewegt, weist darauf hin. Die Aufstauung des Wassers hängt mit der vorhergehenden Thalenge zusammen, in welcher tiefe Erosionen unverkennbar sind. Auch trugen dazu die zahlreichen Erdstürze des Drauthales bei, welche oft das Rinnsal des Wassers überschütteten.

Von Sillian bis Inichen. Die Neigung nimmt zu, auch treten die Berge näher zusammen. Zwei kleinere Becken lassen sich hier erkennen, welche durch hervorstehende Felsenkuppen und durch Senkungen getrennt sind. Dieselben sind jedoch so klein, dass wir sie mit den anderen grossen Mulden nicht identificiren können.

Drittes Becken in Inichen. Es ist ebenfalls sehr umfangreich.

Von hier bis zur Wasserscheide bei Toblach wird zwar die Neigung wieder etwas grösser, aber die Berge rücken nur wenig zusammen. Die Thalsohle bleibt stets breit und behaut, mit einer gleichmässigen Neigung nach abwärts. Hier sammelt sich die Drau aus mehreren Quellen, vorzugsweise aus jenen von den Kalkfelsen zur rechten Seite. Auf der Wasserscheide tritt nirgend ein Kamm auf; der Uebergang von einer Richtung der Abdachung in die andere ist sehr allmählich und der Character des Thales bleibt dabei ganz derselbe. Es hat die Form eines kleinen, wenig geneigten Plateau's, welches von regelmässigen, 3000—4000' hohen Bergzügen eingeschlossen ist, so dass niemand hier eine so wichtige Wasserscheide vermuthen würde²⁾. Dieses merkwürdige Thal setzt sich hierauf in derselben Richtung als Grenze zweier Gebirgssysteme fort

1) Wir übergangen hier den unteren Theil des Thales von Lienz bis zur Mündung in die Donau.

2) Dieselbe liegt bei der Höhe von Toblach nur 4108 Par. Fuss über dem Meere.

bis Brixen. Es bietet uns zugleich ein schönes Beispiel für die völlige Unabhängigkeit seiner Bildung von dem Flusse dar, der es durchströmt; die Rienz entspringt nicht in demselben, sie gelangt etwas später aus einem südlichen Querthale schon in ziemlicher Mächtigkeit in das Thal, ohne in dem Character desselben die geringste Veränderung hervorzurufen. Wir heben einige der schönen Becken hervor, welche wir hier von dem unteren Ende bei der Mündung in die Eisack bis zur Wasserscheide finden.

Das Thal der Rienz (Unter-Pusterthal).

Von Brixen bis Untervintl ist die Neigung gross und das Thal tief eingeschnitten.

Die Mühlbacher Klause bezeichnet uns eine Verengung, ein Felsenthor, welches sich an der Umbiegung des Flusses nach Süden findet.

Von Vintl bis Brunecken. Die Berge sind hier fast stets weiter auseinander gerückt; die Neigung ist weit geringer; wir haben bald eine ziemlich breite, behaute Thalsole, bald Thalengen, wo das Wasser sich tief in die Felsen eingeschnitten hat; zuweilen, wie bei Kiens, sind dann kleine Erweiterungen.

Erstes grosses Becken von Brunecken. Dasselbe breitet sich nach einer bedeutenden Thalenge aus und trägt im grossen Massstabe alle Charactere an sich, welche wir an diesen Mulden kennen lernten. Es ist eines der umfangreichsten Becken, und durchaus nicht so mit Geröll eingeebnet, wie man es erwarten sollte, wenn es ein grosser Seeboden gewesen wäre. Sehr häufig und in ziemlicher Grösse treten hier die Hervorragungen von festem Gesteine (theils Glimmerschiefer, theils Kalk) auf, welche wir schon bei Umhausen, Heiligenblut u. s. w. kennen lernten. Der Name »Kofel«, den sie hier tragen, ist noch in vielen anderen Thälern eine charakteristische Bezeichnung für diese Unebenheiten der Thalsole.

Von Brunecken bis Ollang findet eine bedeutende Thalverengung statt, die sich durch ihren ungemein steilen Abfall gegen die vorhergehende Mulde auszeichnet.

Zweites Becken von Ollang. Es ist weit weniger bedeutend als jenes von Brunecken, aber dennoch, vorzüglich auf der linken Seite, sehr entwickelt. Durch die Bäche aus den Kalkbergen im Süden wurde es mit einer dicken Lage von Geröll erfüllt; es scheint dieses darauf hinzuweisen, dass in diesem speciellen Falle das Wasser durch die vorhergehende Thalenge aufgestaut und eine länger dauernde Seebildung bewirkt wurde; es ist dieses jedoch als die Folge, nicht als die Ursache der vorhandenen Thalform zu betrachten. Nach dem Abfluss des Sees konnte die erodirende Kraft des Flusses auf die Geschiebe sich äussern. Es entstanden tiefe, breite Einschnitte, wobei wahrscheinlich zwei Perioden der Erosion statt fanden, deren Wirkungen sich deutlich unterscheiden lassen. Man findet jetzt drei verschiedene Terrassen, welche durch die Dörfer Ober-,

Mittel- und Unter-Ollang eingenommen werden. Die obere ist die ausgedehnteste und bezeichnet das höchste Niveau der ursprünglichen Geröllablagerung. In ihr wurde die zweite und dritte Thalfurche später eingeschnitten. Wir erwähnen diese Verhältnisse deshalb, weil sie in den Längenthälern der Alpen sich mehrfach wiederholen.¹⁾

Von Ollang bis Welsberg. Das Thal ist meist sehr eng und Erosionen des Wassers in dem Gesteine kommen häufig vor, indem sich kleine Unebenheiten seinem Laufe entgegen stellten; unmittelbar vor Welsberg ist eine ähnliche sehr hübsche Klamm.

Drittes Becken von Welsberg und Niederndorf. Es entspricht dieses völlig jenem von Inichen. In beiden Fällen wird die Thalsohle sehr breit und zieht sich mit unverändertem Character bis zur Wasserscheide fort.

Die mittleren Neigungen dieser beiden Thäler wurden hier nicht zusammengestellt; dieselben sind stets sehr gering und bei den kleinen Höhenunterschieden sind sie von den Zufälligkeiten der gewählten Standpunkte zu sehr abhängig.

Wir wollen jetzt einige Betrachtungen über den allgemeinen Character der Längenthäler anreihen.

Es ist in den Alpen zuweilen etwas schwierig die charakteristischen Unterschiede eines Längenthales anzugeben. Man würde sehr irren, wenn man erwartete, dass dieselben stets parallel zur Hauptlängensaxe der Alpen von Westen nach Osten gehen müssten. Nirgend sehen wir schöner, dass die Alpen aus einer Reihe von Gruppen (*massifs*) zusammengesetzt sind, nicht aus parallelen Streifen; die Längenthäler umschliessen diese Gruppen und nehmen dabei die verschiedensten Richtungen an. Wir treffen sie daher zuweilen auch von Norden nach Süden streichend, wie die beiden Arme des Etschthales und mehrere andere. Es lassen sich in den meisten derselben zwei Abtheilungen unterscheiden. Die obere characterisirt sich durch eine stärkere Neigung und durch den Wechsel zwischen den grossen flachen Becken mit Thalengen, welche oft sehr lang und schmal sind und wie in den Querthälern durch ihren grösseren Fall sich auszeichnen. Das obere Ende der Thäler ist sehr verschieden. Sie können zwar wie die Querthäler an hohen Kämme ihren Ursprung nehmen, gewöhnlich aber ist dieses nicht der Fall. Man muss diese Thäler im Ganzen als tiefere Einsenkungen rings um die hohen Gebirgsgruppen betrachten. Es liegt daher ihr oberes Ende meistens tiefer als jenes der Querthäler. Die Wasserscheide zwischen zwei Längenthälern ist bisweilen durch eine breite Einsattlung gebildet, welche von hohen Bergen umschlossen ist und sich nach zwei verschiedenen Seiten sanft abdacht, wie es im Pusterthale oder am Brenner so deutlich

1) Ueber ähnliche Geschiebeanhäufungen in Graubünden und die Formen dieser Ablagerungen im allgemeinen hat MARTINS schöne Beobachtungen mitgetheilt: »*sur les formes regulaires du terrain de transport*. Bull. geol. 1842,«

der Fall ist. Jedoch ist diese Regelmässigkeit nur selten; bisweilen haben die beiden Seiten sehr verschiedene Neigungen; dieses tritt besonders bei jenen Armen ein, welche nach Süden gehen, indem hier der Fall stets bedeutender ist. Man sieht ein schönes Beispiel hiervon im Innthale, dessen ungemein breite Einsattlung am Maloja-Passe nach Süden in steilen Wänden sich niedersenkt.

Die zweite Abtheilung der Längenthäler beginnt, sobald sie bis zu gewissen Höhen herabgestiegen sind und sich als breite Einsenkungen zwischen parallelen Gebirgszügen hinziehen, welche sehr oft verschiedenen geognostischen Formationen angehören. Der Fall ist dann gering, die Thalsohle stets breit und oft auf grosse Strecken, ebenso wie die allgemeine Richtung des Thales, fast ganz unverändert. Dadurch wird ein Aufhören jener terrassenförmigen Abstufungen und Becken bedingt. Auch trifft man weit seltener anstehendes Gestein in dem Thalboden selbst. Derselbe ist hier, wo die reissenden Alpenbäche an ihrer Geschwindigkeit so sehr verloren haben, mit dem Gerölle derselben erfüllt. Es hat dieses theilweise mächtige Lager gebildet, welche jetzt von den Flüssen wieder durchnagt sind und an den beiderseitigen Abhängen sich noch als schmalere und breitere Bänke erhalten haben. Allein diese Wasserwirkung ist immer etwas ganz Untergeordnetes, wenn wir sie mit der Ausdehnung der Thäler vergleichen, und man sieht leicht ein, dass die Formen der letzteren selbst durch die grössten Wassermassen nicht hervorgebracht sein können. Es erheben sich zu beiden Seiten nicht etwa senkrechte Wände als die Ränder eines höheren Plateau's; es weichen im Gegentheile diese Abhänge mit ihren zahlreichen Seitenthälern, Mulden und Gipfeln von den einförmigen Wirkungen des Wassers auf das Entschiedenste ab. Die Regelmässigkeit der Längenthäler wird nur da unterbrochen, wo sie eine plötzliche Aenderung ihrer Richtung erfahren. Es entstehen dort oft Thalengen, welche bisweilen als »Klausen« mit alten Festungswerken versehen sind und historische Bedeutung erlangt haben, da die Längenthäler die wichtigsten Strassen durch die Alpen bilden. Solche Verengerungen treten häufig auch da ein, wo die Thäler das Gebiet der Alpen verlassen und in die nördlichen oder südlichen Ebenen austreten. Es befinden sich dort häufig enge Spalten, in welchen die erodirende Kraft der Flüsse sich vielfach an den Wänden bemerkbar macht. Aber an ein eigentliches Durchbrechen zusammenhängender Wände durch grössere Wassermassen dürfen wir auch hier kaum denken. Die Höhe der Erosion beträgt höchstens einige Hundert Fuss, während die umgebenden Wände viele Tausend Fuss emporragen. Diese Thore oder Pforten (wir erinnern an die bekannte Porta Westphalica) sind auch in anderen Gebirgen bekannt, und sie scheinen in den meisten Fällen mit einer ursprünglichen Thalbildung zusammenzuhängen. Gerade hinter diesen Pforten befinden sich oft noch ungemein weite Becken. Besonders charakteristisch dafür ist z. B. das Thal von Kufstein vor dem Austritte des Inn in die nördliche Hochebene, oder die umfangreiche Mulde von Reuti, bei der schönen Pforte des Lech bei Füssen.

Vergleichen wir die Längenthäler mit den Querthälern, so zeigt sich, dass die mittlere Neigung der ersteren, sowohl im Ganzen als in ihren einzelnen Theilen bei weitem geringer ist. Die Becken sind grösser und flacher, die Thalsohlen im allgemeinen breiter;

und ihre Enden erreichen bei weitem nicht solche absoluten Höhen, wie jene der Querthäler. Aber ebenso wie bei diesen nimmt die mittlere Neigung in den höheren Theilen zu und ist in den Thalengen am grössten.

Secundäre Querthäler.

Ausser Längen- und grösseren Querthälern, deren Typus uns bis jetzt beschäftigte, gibt es noch eine grosse Reihe kleinerer Thäler. Ihr Verhältniss zu den ersteren scheint ebenfalls wichtig und in den verschiedenen Gebirgen sehr abweichend zu sein. In einem Gebirge mit vorherrschendem Plateaucharakter, das nur von wenigen Thalspalten durchzogen ist, werden diese Seitenthäler sehr wenige und nur von geringer Ausdehnung sein. In den Alpen ist die Zahl derselben sehr gross und ihr Auftreten ungemein mannigfach; wir wollen sie unter dem Namen »secundäre Querthäler« zusammenfassen.

Wenn man in einem Längenthale aufwärts geht, so bemerkt man zu beiden Seiten eine Reihe von grösseren Querthälern, welche oft mit ziemlicher Gleichförmigkeit in dasselbe münden. Man sieht die Oeffnungen derselben und auch die Contouren der Berge deuten diese wichtigen Gebirgsspalten an. Anders ist es in den Querthälern. In der Thalsole stehend bemerkt man zuweilen nichts als rasch ansteigende Abhänge, fast ohne Unterbrechung; erst in grösseren Höhen, oft mehrere tausend Fuss über dem Thalboden, zeigen sich wieder zahlreiche Einbuchtungen. Es sind dieses die Mündungen kleinerer Thäler, welche fast rechtwinklig auf der Richtung des Hauptthales stehen. Ihre Neigungen sind gewöhnlich weit bedeutender als in den Haupthälern; im Uebrigen wiederholen sich jedoch auch hier die abwechselnden Becken und Thalengen und die Mulden an ihrem Ende ganz in der schon beschriebenen Weise. Nach vorne sind diese Thäler ganz offen und ihr Wasser fliesst dann in schmalen Rinnen, welche allein noch die Fortsetzung der Thallinie bilden, über die steilen Abhänge herab, oder es bildet die bekannten schönen Wasserfälle der Alpen. Diese Erscheinung wiederholt sich in den Querthälern der Schiefer mit grosser Regelmässigkeit; merkwürdig ist dabei das so vielmal höhere Niveau der secundären Thäler; wir haben schon früher eine ähnliche Erscheinung im kleineren Massstabe bei der Gabelung des Oetzthales bemerkt und wir glauben, dass gerade dieser Umstand bei dem Zusammenstossen zweier Thäler als Unterscheidungszeichen für das untergeordnetere hervorgehoben werden darf. Diese secundären Querthäler sind allgemein verbreitet und erreichen oft eine bedeutende Ausdehnung und Entwicklung. Um einen richtigen Begriff derselben zu erhalten, müssen wir erinnern, dass zu ihren Seiten sich stets noch regelmässige Bergzüge von bedeutender, relativer Höhe befinden.

Aber mit ihnen sind in den Alpen die Formen der Thalbildungen noch nicht erschöpft. Selbst einzelne grosse Kämme, welche zwei Thäler trennen, sind nicht lange, spitze Prismen mit gleichmässig geneigten Seitenflächen, etwa wie das Dach eines Hauses. Die Gleichförmigkeit ihrer Abhänge ist sehr oft durch stark geneigte Thäler in Form sanfterer Einbuchtungen unterbrochen. An grossen Kämmen sind sie oft bedeutend genug,

um die Lagerstätte von secundären Gletschern zu werden. Wir bemerken dieses zur Seite aller grossen Gletscherthäler. Eine sehr schöne Folge solcher Thaleinsenkungen nehmen die Gletscher des Glocknerkammes ein, welche als Typus dieser Erscheinung auf Tafel VII. dargestellt wurde. Die Thaleinsenkungen sind unter sich durch Kämme getrennt. Dieselben sind zuweilen schmal und niedrig, oder sie sind mächtig und breit wie zum Beispiel jene, welche in der Spitze des Grossglockners und des Schwerteck enden. Es ist überhaupt sehr häufig, dass solche trennende Felsenlinien, wenn sie einigermassen mächtig sind, über die mittlere Höhe des Kammes sich erheben und als wohl characterisirte Spitzen und Pies nach oben enden.

Solche seitliche Einsenkungen kommen auch noch weit kleiner und unentwickelter vor, als die hier beschriebenen. Sie treten bald in den unteren, bald in den oberen Theilen eines Abhanges auf; sie sind dann entweder sehr schöne wasserreiche Weideplätze oder dienen in höheren Regionen einigen Firnschichten zur Lagerstätte¹⁾. Diese Unterordnung grösserer und kleinerer Thäler und ihre grosse Verbreitung ist für die Alpen sehr characteristisch und von wesentlichem Einfluss auf das allgemeine Relief derselben.

Thäler der Kalkalpen.

Auch bei dem Kalke finden wir denselben Typus wie bei dem Schiefer, dass flachere Stellen, Mulden, mit engen und stark geneigten Thalengen abwechseln. Jedoch sind dieselben weniger schön entwickelt und es scheint, dass die Gesteinart hier von einigem Einflusse ist. Der Kalk hat im allgemeinen massenhaftere Formen, bildet zuweilen jähere Wände und mehr plateauartige Rücken als steile Spitzen. Auch hat die Erosion wegen der Auflöslichkeit des Kalkes einen weit grösseren Einfluss; ihre Wirkungen erschweren zuweilen die Uebersicht über die ursprünglichen Thalbildungen. Wir dürfen vielleicht als Beispiel einige Einzelheiten aus dem Isarthale anführen. Untersuchen wir die Neigungen desselben, so bestätigen sie ebenfalls das früher erwähnte Gesetz über die Zunahme der Neigung gegen das obere Ende.

Mittlere Neigungen des Isarthales.

940—1500 (Mündung in die Donau bei Deggendorf bis München)	0° 4' 30"
1500—2000 (München bis Länggries, am Austritte aus den Alpen)	0° 40'
2000—3000 (Länggries bis ober Scharnitz)	0° 25' 30"
3000—3600 (Scharnitz bis zu der Alpenhütte im Kasten)	4°
3600—5700 (Im Kasten bis zum Haller Anger)	9°

1) Als Beispiel dafür können einige kleine Gletscher auf den beiden Abhängen des Thalleit dienen, in dem Uebersichtsblatte des Venterthales (Tafel VI.)

Haller Thal, an das Isarthal am Südabfall des Gebirgskammes sich anlehnend.

1700 — 4500 (Hall im Innthal bis zum Bergwerksgebäude) . . . 8°

4500 — 6400 (Haller Salzberg bis zum Lafatschjoch) . . . 12°

Bemerkenswerth ist die auffallend grosse Neigung, welche wir im Hallerthale antreffen, welches am Südabfalle der Kalkkette gegen das Innthal sich befindet. Es ist dieses eine Erscheinung, welche sich in den Alpen an den gegen Süden gerichteten Abdachungen fast stets mit grosser Regelmässigkeit wiederholt.

Die Neigung des Isarthales wird nach oben immer grösser; sie ist besonders gering in den weiteren Becken. Solche Becken sehen wir im Haller Anger, am Ursprunge der Isar, in kleinerem Massstabe, ferner im Kasten, wo mehrere Seitenthäler sich vereinigen, in Scharnitz, Mittenwald und Krün. Von Krün bis Länggries folgt auf dieses weite Becken eine sehr lange Thalenge, in welcher nur ein schmaler Fusspfad neben der Isar hinführt. Nach der Erweiterung der Thalsohle bei Länggries und Tölz strömt die Isar ohne weiteres Hinderniss aus den Alpen in die nördliche Hochebene hinaus. Ihr Lauf von hier bis zur Mündung in die Donau zeigt nur einen stetigen und raschen Fall gegen Norden; es muss uns überraschen, hier in einer Ebene noch eine Neigung von 4,5 Minuten zu treffen. Sie hat dieses gemeinsam mit allen Füssen, die von den Alpen zur Donau strömen. Das Flussbett ist bald zwischen Hügeln, bald zwischen steileren Nagelluefelsen eingeschnitten¹⁾; erhebt man sich auf den Rand derselben, so hat man oben eine entweder ganz flache oder doch nur wenig unterbrochene Hochebene. Dieses ist die wahre Form der Thalbildung durch Erosion, welche auch an den Nagelluemassen der nördlichen Schweiz so schön beobachtet werden kann, man sieht wie sehr verschieden sie ist von den Erscheinungen, welche in der Alpenkette selbst uns entgentreten.

Beispiele dafür, dass bei dem Zusammenstosse zweier Thäler das Niveau des weniger entwickelten oft etwas höher liegt, finden wir auch in den Kalkalpen sehr häufig; ebenso treten secundäre Thäler und besonders kleinere Mulden an den Abhängen in mannigfachen Formen auf.

Formen der Gebirgszüge.

Bei der grossen Mannigfaltigkeit der Bergketten, welche sich zwischen den Thälern befinden, ist es sehr schwer, dieselben unter allgemeine Gesichtspunkte zusammenzufassen. Wir werden uns darauf beschränken, die hauptsächlichsten gemeinsamen Eigenschaften hervorzuheben.

Wir können uns, wie schon oben bemerkt wurde, das ganze Gebiet der Alpen in eine Reihe von Gruppen (*massifs*) gesondert denken, welche durch die Längenthäler um-

1) FLURL, Beschreibung der Gebirge von Baiern, WEISS, Südbaierns Oberfläche nach ihrer äusseren Gestalt, 1820, STUDER, Monographie der Molasse 1825, WALTHER, Topische Geographie von Bayern 1844 u. s. w. enthalten zahlreiche Details über den Lauf der Flüsse in der Hochebene, an dem Nordrande der Alpen.

grenzt werden. Man fand, dass diese Trennung in grössere Gruppen sowohl in orographischer als in geognostischer Beziehung weit richtiger sei, als die Annahme ausgedehnter paralleler Ketten, welche EBEL durch die ganzen Alpen zu verfolgen suchte. Besonders STURER hat viele dieser Gruppen unterschieden und ihre Zusammensetzung näher untersucht¹⁾. In diesen Gruppen, besonders in den grösseren, welche die krystallinischen Schiefer der Centralalpen einnehmen, lassen sich meistens zwei hauptsächliche Abdachungen unterscheiden, an deren Begrenzung sich eine Reihe grösserer Berge befindet, welche die mittlere höchste Erhebungslinie bezeichnen. Diese beiden Abdachungen sind gewöhnlich von grossen unter sich fast parallelen Querthälern rechtwinklig auf der Linie der grössten Erhebungen durchzogen. Auch finden sich an den beiden anderen Ausgängen der Gruppen noch kleinere Querthäler. Eine ganz regelmässige Anordnung der Thäler kommt nur in wenigen Gruppen vor, indem sehr häufig bald das eine, bald das andere System von Querthälern überwiegend ist. Bemerkenswerth ist, dass da, wo die Längensaxe solcher Gruppen von Westen nach Osten streicht, ihr Abfall nach Süden sehr häufig ungemein jäh ist, während sie sich nach Norden nur allmählich niedersenken. Es wiederholt sich so im Einzelnen das Gesetz, welches wir in den Alpen im Ganzen bemerken. Und ebenso wie die nördliche Hochebene bedeutend höher liegt als die südliche Po-Ebene, befinden sich auch die Längenthäler im Süden solcher Gruppen in geringeren Höhen als jene, welche sie im Norden umgrenzen.

Die Querthäler im Gebiete einer solchen Gruppe sind durch parallele Höhenzüge getrennt. Sie treten auf jeder Karte als mächtige Kämme hervor, die sich keilförmig gegen das Centrum der Gruppe erstrecken und zugleich immer grössere absolute Höhen erreichen. Bald sind sie breiter, von beiden Seiten sich näher gerückt, und bilden so die Thalengen, bald sind sie schmaler und lassen zwischen sich Raum für die grossen Mulden und Becken. In den hintersten Theilen werden dieselben stets schmaler; es breiten sich zwischen ihnen dann die weiten Firnmulden aus, welche wir schon früher als die charakteristischen Enden aller Hochalpenthäler kennen lernten. Dort treten diese trennenden Felsenwälle mehr als das auf, was wir als einfache Kämme betrachten können, während sie weiter nach aussen, wo sie an Breite so bedeutend zunehmen, durch zahlreiche secundäre Thäler theilweise unterbrochen werden. Wie die trennenden Gebirgszüge von aussen nach innen an absoluter Höhe zunehmen, so tritt diess auch für die Thalsohlen ein. Ja die letzteren steigen sogar etwas rascher, indem ihr Abstand von der mittleren Kammhöhe gegen das Ende der Thäler geringer wird. Die höchsten Querthäler finden wir im allgemeinen da, wo auch die grösste mittlere Erhebung der Bergmassen ist; es weist dieses auf die grosse Regelmässigkeit hin, welche bei der Bildung der gegenwärtigen Oberfläche der Alpen stattgefunden hat.

Dieses drückt sich auch in dem schönen Verhältnisse aus, welches zwischen den mittleren Passhöhen, Kamm- und Gipfelhöhen stattfindet. Als charakteristisch für das Relief eines Gebirges müssen erwähnt werden das Verhältniss der Pass- und Kamm-Höhen

2) Geologie der westlichen Alpen, 1834. Lehrbuch der physikal. Geographie und Geologie, 1844 und 1847 u. s. w.

und die absolute Masse desselben. Das erstere wird uns besonders dadurch merkwürdig, dass es für verschiedene Gebirge so constante Unterschiede zeigt, welche mit der Form der Erhebung innig zusammenhängen. Alexander von HUMBOLDT fand in seinen bekannten Untersuchungen dafür folgende Werthe: ¹⁾

	Mittlere Höhe		Höchster Gipfel.	Verhältniss zwischen Kamm und Gipfel.
	der Pässe.	des Kammes.		
	Toisen.	Toisen.	Toisen.	
Pyrenäen . . .	1217	1250	1787	1 : 1,4
Alpen	1178	1200	2462	1 : 2
Andes	1819	1850	3941	1 : 2,1
Himalaya . . .	2432	2432	4390 (?)	1 : 1,8

Durch die Tiefe der Passeinschnitte und durch die Vertheilung und Ausdehnung der Thäler wird die Masse eines Gebirges wesentlich verändert. Es wäre sehr falsch, wenn man bloss nach der Kenntniss des Areals und der hypsometrischen Bestimmungen hervorragender Punkte den ganzen Inhalt der Alpen bestimmen wollte. Die erhaltenen Zahlen würden bedeutend zu gross werden.

Alexander von HUMBOLDT hat in den Untersuchungen über die mittlere Höhe der Continente ²⁾, wegen der vielen Quer- und Längenthäler die mittlere Höhe der Alpen nur zu 800' angenommen und betrachtet so das Gebirge als ein Prisma von 2700 Q. M. Grundfläche (mit Einschluss der nord-südlich streichenden westlichen Alpen). Die ganze Masse dieses ausgedehnten Gebirgszuges würde dann auf Europa verbreitet (304000 Q. M.) die Oberfläche desselben um 3,5' erhöhen ³⁾.

Berge und Gipfel.

Die Berge der Alpen sind nicht grosse isolirte Kegel; sie bilden vielmehr Theile der beschriebenen Kämme, über deren mittlere Höhe sich einige jedoch bedeutend erheben. Nur in der Nähe können wir ein richtiges Bild von diesem Verhältnisse erlangen. So erscheinen manche Berge von tieferen Thälern aus als mächtige selbstständige Pyramiden, während wir in höheren Theilen ihnen gegenüberstehend uns leicht überzeugen, dass sie nur die Theile eines längeren Kammes sind. Die Berge treten nur dann selbstständiger auf, wenn sie am Ausgang eines Kammes sich befinden ⁴⁾.

¹⁾ *Annales des sciences naturelles*. T. IV. und POGGENDORFF's Annalen. Bd. XIII. Seite 522.

²⁾ Central-Asien. Untersuchungen über die Gebirgsketten und die vergleichende Klimatologie von Alex. v. HUMBOLDT, deutsche Bearbeitung von W. MAHLMANN, Berlin 1844, Bd. I., Seite 80 und Seite 120—133. Als Endresultat dieser ausgedehnten Untersuchungen ergab sich, dass »die mittlere Höhe aller continentalen Länder über dem Spiegel des Oceans 157,8' oder 307 Meter« beträgt (Seite 129).

³⁾ Seite 123.

⁴⁾ Dieses ist z. B. beim Thalleit der Fall, auf Tafel VI; er befindet sich in der Gabelung des Oetzthales und bildet dort das Ende eines breiten Kammes, welcher fortan die beiden Thäler trennt.

Wie in den Thälern, so ist auch an den Abhängen der Berge die Neigung durchaus nicht gleichmässig. Steile, fast senkrechte Wände können natürlich an jedem Theile eines Berges vorkommen; im Mittel jedoch ist die Neigung am bedeutendsten in der Nähe des Gipfels. Später folgen oft kleinere flachere Absätze und Terrassen, welche die Bewohner der Alpen sehr richtig mit eigenen Bezeichnungen unterscheiden ¹⁾. Dadurch nehmen die Berge ungemein an Breite zu; die darauf folgenden Abhänge sind bald mehr bald weniger geneigt. Diese Unterbrechungen der Neigung durch Absätze, Sättel u. s. w. machen, dass die Berge von einem tiefen Thale aus gesehen sich sehr verkürzen und ihre Contouren wesentlich verändern; es ist gerade in dieser Beziehung ein hoher Standpunct für die richtige Beurtheilung von Gebirgsformen von grosser Wichtigkeit.

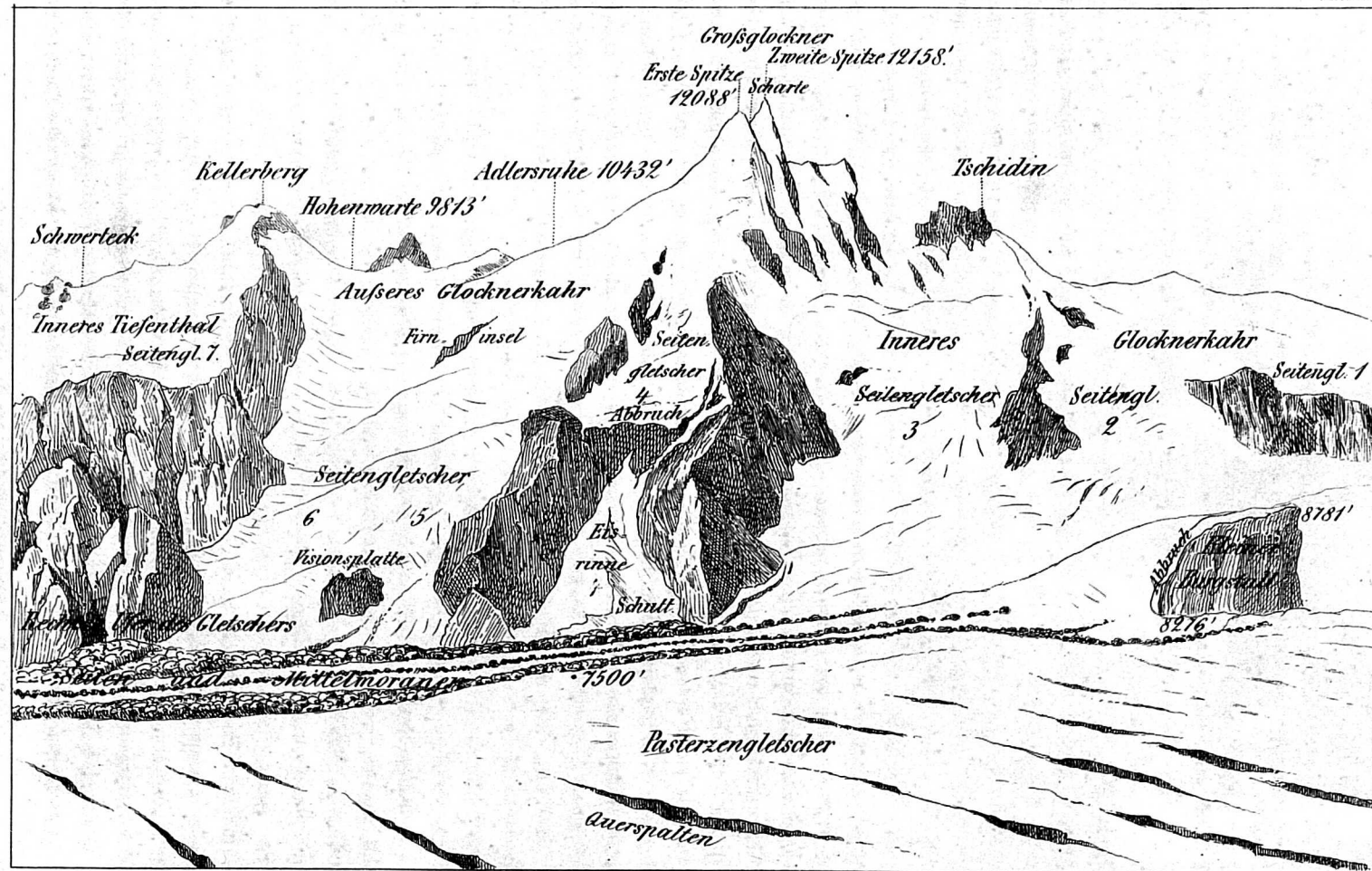
In den Kalkzügen sind die Formen der Berge etwas verschieden, indem hier sehr oft die unteren Theile durch jähe Wände gebildet werden von einer Ausdehnung, die in krystallinischen Schiefern selten vorkommt. Auf dem Rücken dieser Wände sind dann flachere Stellen, über denen sich die Gipfel nur allmählich erheben.

Auf die Contouren der obersten Spitzen üben die Verwitterung und besonders die Erosion durch Hydrometeore sicher einen grossen Einfluss aus. Auf den schmalen Kämmen der Schiefer entstehen dadurch jene Hörner und Pic's, welche die Centralalpen auszeichnen. Wir müssen jedoch Einzahnungen, welche an den Kämmen auf diese Weise bewirkt werden, von den grossen selbstständigen Spitzen unterscheiden, die oft mehrere 1000 Fuss über die Umgebung sich erheben. Die letzteren hängen wahrscheinlich mit der ursprünglichen Gebirgsbildung zusammen. Wenn die Verwitterung und der Regen, denn von grösseren Wassermassen können wir in solchen Höhen ohnehin nicht mehr sprechen, die Macht gehabt hätten, eine ausgedehnte Schicht festen Gesteines rings um einen jetzt isolirten Gipfel zu entfernen, so müsste doch dieser letztere selbst schon längst gänzlich zerstört sein, da er diesen Einwirkungen eine verhältnissmässig weit grössere Oberfläche darbietet, als ein massenhafter Rücken. Obgleich die Berge des Kalkes im allgemeinen weniger gleichmässig zugespitzt sind, so entstehen doch bei der grösseren Zersetzbarkeit des selben und durch die Hinwegnahme leichter zerstörbarer Körper, wie Thon und Gyps, zuweilen ungemein bizarre Formen. Diese Nadeln ²⁾ stürzen bei fortgesetzter Zerstörung in grösseren Massen herab und bewirken dann jene Verheerungen, die in ihrer Nähe so gefürchtet sind ³⁾.

1) Sattel, Sass, Flue, Seite u. s. w.

2) Zähne *dents*, Nadeln *aiguilles*.

3) Sehr merkwürdig sind in dieser Beziehung die Diablerets bei Bex.





Nach d. Nat. gez. v. Adolph Schlagintweit 1846

Cedr. v. Winkelmann u. Söhne in Berlin.

Lith. v. H. Mützel.

Der Kamm des Grossglockners.

Ursachen der gegenwärtigen Formen der Thäler und Gebirgszüge.

Es war in dieser Abhandlung hauptsächlich unser Bestreben, die wichtigsten Formen hervorzuheben, welche in der Gebirgsbildung der Alpen so allgemein verbreitet sind. Wir mussten zugleich öfter darauf hinweisen, dass sowohl die Erosion durch Flüsse als auch die Verwitterung nur von untergeordnetem Einflusse auf das Relief der Alpen sein konnten.

Wie vermöchte die Erosion ein so gleichmässiges Ansteigen nicht nur der Thäler, sondern auch der Gebirgszüge und eine oft so regelmässige Vertheilung der Erhebungen zu bewirken? Wie wäre es möglich, dass ein Alpenthal von dem Gipfel des Montblanc bis zu einer Tiefe von 3000 Fuss herab durch die Kraft des Wassers eingeschnitten würde?

Ausgezeichnete Beobachter wie Leop. von BUCH¹⁾, Friedr. HOFFMANN²⁾, OMALIUS d'HALLOY³⁾, ELIE DE BEAUMONT⁴⁾, THURMANN⁵⁾, B. STUDER⁶⁾ und Andere wiesen schon in verschiedenen Theilen der Erde nach, dass die Thalbildung nicht durch zufällige Erosionen bewirkt sei, sondern auf das innigste mit den Ursachen zusammenhänge, welche die ganze Form der Gebirge bedingten. Besonders sind in dieser Beziehung die vielfachen Windungen der Thäler, der grosse Wechsel in ihrer Richtung und Ausdehnung zu berücksichtigen, während bei einer Bildung durch blosse Erosion das Wasser sicher den geradesten und kürzesten Weg eingeschlagen hätte. Auch kommt es häufig vor, dass ein Thal hohe Gebirgsketten durchsetzt, während das Wasser, wenn dieses seine Entstehung bewirkt hätte, einen leichten, ja oft ganz offenen Abfluss nach einer anderen Stelle gehabt hätte. HOFFMANN⁷⁾ hat dieses besonders bei der bekannten Porta Westphalica in dem Weserthale nachgewiesen; OMALIUS d'HALLOY⁸⁾ führt ganz ähnliche Erscheinungen in dem Laufe des Rhone an. Wir werden also hier stets darauf hingeleitet, ursprüngliche Thalbildungen anzunehmen, die erst später durch die Wirkung der Flüsse und der atmosphärischen Niederschläge theilweise modificirt wurden.

Es wäre gewiss irrig, den grossen Einfluss zu verkennen, welchen noch fortwäh-

1) *Description physique des Iles Canariques*. Geognostische Beobachtungen über das südliche Tirol 1824 u. s. w.

2) Uebersicht der orographischen und geognostischen Verhältnisse vom nordwestlichen Deutschland. 1830. Seite 342 u. s. w.

3) *Éléments de Géologie*. Paris 1831. Seite 442 u. s. w.

4) *Memoires pour servir à une description Géologique de la France, par DUFRÉNOY et ELIE DE BEAUMONT* an mehreren Stellen; so: T. II. *Faits pour servir à l'histoire des Montagnes de l'Oisans*, Seite 339 u. s. w.; T. IV. *Recherches sur les terrains volcaniques des deux Siciles* u. s. w.

5) *Essai sur les soulèvements jurassiques*. Cah. I. 1832. Cah. II. 1836.

6) Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie 1 und 2. 1844. 1847.

7) Nordwestliches Deutschland Seite 365.

8) Geologie Seite 444.

rend das Wasser verbunden mit der Verwitterung auf die Veränderung der Erdoberfläche ausübt; allein diese Einwirkungen reichen gewiss nicht hin, um die Entstehung so ausgedehnter Thäler, wie sie in den Alpen sich finden, zu erklären. Wir werden später mehrere Beobachtungen über Erosion und Verwitterung zusammenstellen, welche theilweise als Massstab für die Bedeutung derselben bei der Thalbildung dienen können.

Wenn wir auf die Ursachen der Entstehung der Thäler hier noch näher eingehen dürfen, so scheinen sie in einer Reihe von successiven Hebungen, verbunden mit einigen Senkungen zu liegen. Die grossen Mulden, welche sich am Ende der Thäler und in ihrer weiteren Entwicklung befinden und im kleineren Massstabe an den Abhängen der Berge wiederholt sind, scheinen besonders auf ein Zurückweichen der Massen hinzuweisen. Wir dürfen dabei erinnern, dass die Thalbildung in den Alpen wohl erst dann erfolgt sein kann, als die allgemeine Aufrichtung der Schichten vollendet war. Denn diese letztern behalten oft auf grosse Strecken gleiches Streichen und Fallen und werden häufig von einer Reihe von Thälern durchsetzt, ohne die geringste Veränderung zu erleiden. Man dürfte wohl erwarten, dass bei den grossen Senkungen der Mulden die Neigung der Schichten um einige Grade verändert wurde. Jedoch müssen wir berücksichtigen, dass die Aufrichtung der Schichten in den ganzen Alpen ungemein steil ist; es wird daher ein theilweises Zurückweichen auch ohne sehr auffallende Störungen der Neigung und der Gesteinsfolge weit leichter möglich als bei sehr flachen Lagerungsverhältnissen. Nur zuweilen bemerkt man sehr bedeutende Störungen der Schichtenstellung, besonders in den Kalkalpen, und zwar gerade da, wo die grössten Unregelmässigkeiten der Thalsohlen durch jene tiefen Senkungen bewirkt wurden, welche jetzt die Alpenseen einnehmen ¹⁾. Es sind dieselben hauptsächlich auf den Nord- und Südrand beschränkt und fehlen in den centralen Theilen der krystallinischen Schiefer, wo die Erhebung am regelmässigsten ist.

R e s u l t a t e.

1) Sowohl die Quer- als Längenthäler der Alpen bestehen aus einer Reihe von Becken, welche durch längere Thalengen oder durch steilere Senkungen verbunden sind.

2) Diese Becken bilden an den oberen Enden der Thäler weite Mulden, welche in den Hochalpen den Firnmeeren zur Lagerstätte dienen.

3) Bei dem Zusammenstosse zweier Thäler liegt sehr oft die Sohle des kleineren höher als jene des relativen Hauptthales; dieses tritt besonders sehr schön bei den secundären Querthälern ein.

¹⁾ Ein schönes Beispiel sind die grossen Unregelmässigkeiten in der Nähe des Hallstädtersees, welche L. v. Buch beschrieben hat in Geognost. Beobachtungen auf Reisen. I. Seite 145.

4) Bei allen Thälern wird die mittlere Neigung um so grösser, je mehr man sich dem oberen Ende derselben nähert; jedoch ist die Neigung im einzelnen in den Becken stets weit geringer als in den sie verbindenden Thalengen.

5) In den Längenthälern ist sowohl die Neigung im allgemeinen als in einzelnen Becken und Thalengen weit kleiner als in den Querthälern.

6) Die Längenthäler umschliessen die einzelnen Gruppen der Alpen; sie können die verschiedensten Richtungen annehmen; sie liegen tiefer als die Querthäler, ihre Thal-sohlen sind breiter und die Becken weit umfangreicher.

7) Nicht nur die Sohlen der Querthäler, sondern auch die Kämme der sie trennenden Gebirgszüge werden höher, je mehr sie sich dem Inneren einer grösseren Gruppe (*massif*) nähern; jedoch geschieht dieses bei den ersteren rascher als bei den letzteren, so dass der Abstand der Thalsohlen von den mittleren Kammhöhen nach oben stets geringer wird.

8) Die Höhe der Thalsohlen steht im allgemeinen im Verhältnisse zur mittleren Erhebung des Gebirges; besonders die Querthäler erreichen daher die grösste Höhe da, wo die bedeutendsten und höchsten Gebirgsmassen sind.

9) Die Gebirgsketten, welche sich zwischen einzelnen Querthälern befinden, sind am Anfange sehr breit und tragen an ihren Seiten zahlreiche secundäre Querthäler und kleinere Mulden. Je mehr sich die Ketten den oberen Enden der Thäler nähern, desto schmaler werden sie; sie bilden dort einfache Kämme, in denen gewöhnlich auch die hervorragenden Bergspitzen liegen.

10) Bei einzelnen Bergen der Schieferzüge ist die Neigung in den oberen Theilen in der Nähe der Gipfel am grössten; doch wird sie von hier nach unten nicht gleichmässig geringer, sondern ist von flacheren Stellen, »Sätteln«, unterbrochen, mit welchen jähere Abdachungen wechseln. Die obersten Enden der Kalkberge hingegen sind oft plateauartig verflacht und unmittelbar von jähren Wänden umgeben.

11) Auf die Form der Thäler und das Relief der Alpen hatten die Wirkungen des Wassers nur einen geringen, untergeordneten Einfluss. Die einzelnen Becken waren allerdings zuweilen von kleinen Seen erfüllt, allein diesen können sie unmöglich ihre Erweiterung verdanken. Die Erosionen in den Flussbetten der Thalengen sind im Verhältniss zur Masse des Gebirges ebenfalls nicht sehr bedeutend.

12) Eine Reihe von successiven Hebungen, verbunden mit einem theilweisen Zurücksinken der Masse in jenen Theilen, die wir jetzt als Mulden und Thäler finden, scheint die Formen der Alpen vor allem bedingt zu haben.

CAP. X.

Beobachtungen über die geognostische Zusammensetzung der Oetzthaler Gruppe und der Tauern.

Das Oetzthal. Abänderungen der krystallinischen Schiefer in den inneren Theilen desselben. Isolirte Kalkmassen. Die Tauern in dem oberen Möllgebiete. Allgemeine Uebersicht der Formationen. Charakteristik der Felsarten. Verbreitung derselben. Rutschflächen auf der Rachen. Chloritschiefer. Verhältniss dieser Gesteine zu der gesammten Tauernkette.

Das Gebiet der krystallinischen Schiefer, Glimmerschiefer, Gneiss und Granit ist mit grosser Ausdehnung und Regelmässigkeit durch die ganzen Alpen verbreitet. Sie reichen von den Meeralpen in bedeutenden Gebirgsgruppen herauf zum Montblanc und ziehen sich so fort bis zu dem östlichen Ende der Alpen, wo sie unter den tertiären Gebilden verschwinden. Die Gesteine, welche sie zusammensetzen, sind sehr verschieden. Gneiss und Glimmerschiefer mit mannigfachen Modificationen herrschen vor, der Granit findet sich nur wenig und meist in vereinzelter Massen am Südabfalle der Alpen, im Vereine mit rothem Porphyr und Melaphyr.

In demselben Masse, als man mannigfachere Gesteine in diesen Theilen der Alpen kennen lernte, änderten sich auch die Ansichten von dem Zusammenhange und dem Parallelismus der Ketten. Man hat gefunden, dass nicht nur in orographischer Beziehung sich weit besser eine Reihe von mehr selbstständigen Gebirgsmassen annehmen lasse, welche wir schon früher als einzelne, wohlausgesprochene Gruppen erwähnten, sondern diese Erhebungen stehen auch in einem gewissen Zusammenhange mit der geognostischen Constitution; es wurde dieses an der fächerförmigen Structur der Schichten und der oftmals entsprechenden Anordnung der Gesteine an mehreren Puncten durch SAUSSURE, ESCHER, LARDY und STUDER nachgewiesen. Da diese Gruppen zugleich durch ihre bedeutende Erhebung sich auszeichnen, so sind sie physicalischen Untersuchungen vorzugsweise günstig. Wir werden uns bemühen, aus zweien derselben, nämlich aus der Gruppe

des Oetzthales und der Tauern einige speciellere geognostische Beobachtungen zusammenzustellen ¹⁾).

Gruppe des Oetzthales.

In dem Oetzthale fallen im allgemeinen sowohl die grosse Regelmässigkeit der Erhebung auf einem so bedeutenden Areale auf, als auch die massenhafte gleichförmige Vertheilung der Formationen.

Frühere Beobachtungen über die Geognosie des Oetzthales enthalten:

STOTTER und HEUFLE, geognostisch-botanische Reise durch das Oetzthal und Schnals. Aus dem 6. Bande der neuen Zeitschrift des Ferdinandeums. 1840.

STOTTER, die Gletscher des Vernagtthales. 1844.

Die Mittheilungen der Herren Commissäre TRINKER und KLINGLER in dem Berichte über die Generalversammlung des geogn. mont. Vereines 1843, nebst einer Uebersichtskarte.

ESCHER, Beiträge zur Kenntniss der Tiroler und baierischen Alpen. Jahrbuch für Geognosie von LEONHARD und BRONN. 1845.

Eine umfassende Darstellung der geognostischen Verhältnisse wird die schöne und werthvolle Karte des geogn. montanistischen Vereins von ganz Tirol enthalten, wovon die erste Section, Vorarlberg, bereits erschienen ist.

Man trifft in diesem grossen Terrain keinen eigentlichen Granit. Gneiss, Hornblendegesteine und Glimmerschiefer sind die vorzüglichsten Gebirgsarten, unter denen der letztere an Ausdehnung vorherrscht, ja selbst die höchsten Theile zusammensetzt. Ausserdem erscheinen noch an den Grenzen der Gebirgsgruppe einige schmale Züge von grauwacke-ähnlichen Bildungen, von rothen Sandsteinen und Thonschiefern, und an dem nördlichsten Rande gegen das Innthal Streifen von Kalk. Derselbe steigt nur zu unbedeutenden Höhen und bildet ganz deutlich einen Theil der mächtigen Kalkzüge im

4) Wir beschränken uns auf eine Mittheilung dieser Beobachtungen in den centralen Alpentheilen, da wir die Untersuchungen in den südlichen Gruppen, in den nördlichen Kalkalpen u. s. w. später noch weiter fortsetzen werden. Eine kurze Uebersicht der allgemeinen geognostischen Verhältnisse der Alpen wäre hier wohl überflüssig gewesen, da schon so vortreffliche Arbeiten hierüber publicirt sind. Wir dürfen erinnern an: *STUDER aperçu de la structure géologique des Alpes* in *Désor nouvelles excursions dans les Alpes* 1844, auch separat gedruckt; *HÄIDINGER's* Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte der österreichischen Monarchie 1849. *ESCHER*, die geologischen Verhältnisse der Schweiz 1847; *EBEL*, über den Bau der Erde im Alpengebirge. 2 Bände, 1804 u. s. w. Durch die grosse Thätigkeit, welche jetzt in allen Theilen der Alpen für ähnliche Untersuchungen erwacht ist, wird gewiss die geologische Kenntniss dieses interessanten Gebirges in kurzer Zeit wesentlich verändert werden. In der Schweiz stellten *STUDER*, *ESCHER*, *THURMANN* u. s. w. schon seit längerer Zeit ihre ausführlichen Beobachtungen an; in den östlichen Alpen sind hauptsächlich die geognostischen Vereine von Tirol, Steiermark und Oestreich zu erwähnen, deren Leistungen jetzt durch die geologische Reichsanstalt des österreichischen Staates unter der umsichtigen Leitung von *HÄIDINGER* einen allgemeinen Mittelpunkt finden werden. *HÄIDINGER's* »Berichte über die Verhandlungen der Gesellschaft naturwissenschaftlicher Freunde«, und die von ihm herausgegebenen »naturwissenschaftlichen Abhandlungen« enthalten schon seit einigen Jahren zahlreiche Untersuchungen über diese Alpentheile.

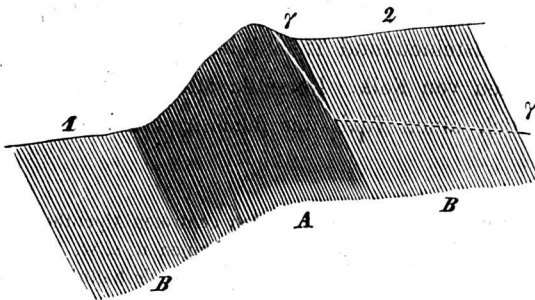
Norden, welche durch das Innthal davon getrennt sind. Es setzen dieselben nebst kleinen Ablagerungen von Kalktuff oft niedere Terrassen zusammen, hinter denen sich die krystallinischen Gebirge jäh erheben. Ausserdem findet man im Innern derselben noch einige isolirte Kalkparthien, auf welche wir später zurückkommen werden.

Schmalere und breitere Massen von Gneiss, Hornblendegesteinen und Glimmerschiefer bilden einige nicht immer sehr deutliche Fächer, ähnlich denen, welche auch in den krystallinischen Schiefen der westlichen Alpen so häufig erscheinen. Hier wurden sie durch die Uebersichtskarte des geognostischen Vereines und durch ESCHER und STUDER zuerst nachgewiesen.

Der erste Gneissstreifen, welchem man im Thale aufwärts gehend begegnet, ist sehr schmal; er besteht aus dem schönsten Gneiss im ganzen Oetzthale, feinkörnig und von grosser Festigkeit. Es wiederholen sich ähnliche Streifen jedoch von etwas größerem Korne und mit grösseren Glimmerblättchen noch einigemal in dieser Gruppe: so bei Winterstall und am Jöchle im Pizthale.

Im vorliegenden Falle durchsetzt der Streifen, der nach den Angaben des geognostischen Vereines keine sehr grosse Längenausdehnung hat, das Thal gerade an einer Stelle, wo zwischen dem Becken von Umhausen und jenem von Oetz eine jähe Senkung stattfindet. Dieselbe ist bedeckt mit grossen Blöcken und von ferne gesehen könnte man das Ganze fast für eine alte Moräne erklären, 6—7 Meilen von den jetzigen Gletschern entfernt. Jedoch schon die Form dieser Blockanhäufung zeigt bei näherer Untersuchung die Unmöglichkeit einer solchen Voraussetzung. Wäre es eine Moräne, so müsste die Unter-

Fig. 66.



Profil der Senkung zwischen den Becken von Oetz und Umhausen.
1. Becken von Oetz 2339 P. F. 2. Becken von Umhausen bei Dumpen 2798 P. F.

A. Gneiss. B. Glimmerschiefer.

lage festen Gesteines unmittelbar vor und hinter ihr in einer Linie liegen, wie es durch die punctirte Linie ($\gamma\gamma$) in dem beiliegenden Durchschnitte angedeutet ist. Allein dieses ist nicht der Fall; sondern die Gestalt des festen Gesteines ist so, dass die Thalsole oberhalb der Schuttanhäufung bedeutend höher liegt als unterhalb; es ist dieses also offenbar eine jähe Senkung, welche zwei Becken verbindet. Merkwürdig bleibt ihre Bedeckung mit Blöcken. Dieselben bestehen aus dem schönen Gneisse, der hier

das Thal durchsetzt, und in dem ganzen Oetzthale kein vollständiges Analogon hat, während gerade in der Region der jetzigen Gletscher Glimmerschiefer vorherrscht. Es sind daher auf keinen Fall Moränenblöcke. Sie sind meist ziemlich gross und scharfkantig und sehr zahlreich. Ihre Beschränkung und regelmässige Vertheilung auf dieser Abdachung, welche aus dem gleichen Gesteine besteht, beweist, dass sie aus den nächsten Umgebungen stammen oder wohl grossentheils an Ort und Stelle entstanden sind.

Erdstürze von den Abhängen zur Seite, an welchen sich dieser Gneiss fortsetzt, mögen theilweise zur Anhäufung der Blöcke beigetragen haben. Es erscheinen jedoch solche Gneissbänder im Glimmerschiefer noch sehr häufig in den Alpen. Auch sahen wir ihr Auftreten an mehreren Puncten, so besonders in den Thälern der Zirknitz in den Tauern mit einer bedeutenden Blockbildung verbunden. Der Gneiss sondert sich dann bei der Verwitterung in grosse scharfkantige Bruchstücke ab, während die Zerstörungsproducte des Glimmerschiefers viel kleiner sind und daher weniger auffallen und weit leichter hinweggeführt werden.

Es folgt hierauf in dem Thale nach einer beträchtlichen Lage von Hornblendegesteinen bei Sölden wieder eine ausgebreitete Zone von Glimmerschiefen, welche den ganzen centralen Theil dieser Gebirgsmassen einnehmen und von einigen schmalen Streifen von Gneiss und Hornblendegesteinen unterbrochen werden.

Etw. s oberhalb des Dorfes Winterstall befindet sich ein solcher Gneissstreifen, in der Richtung gegen die Wildspitze sich hinziehend. Es schien uns nicht unwichtig zu untersuchen, ob sich dieses Gestein vielleicht bis auf den Kamm jenes bedeutenden Berges erstrecke. Wir fanden aber dort vom Wilden Mann bis zum höchsten Puncte, an welchem einzelnes festes Gestein aus dem Schnee hervorrage, zwischen 10000 und 11000 Par. F., nur einen sehr feinen glimmerreichen Glimmerschiefer anstehend, welcher sich von dem des Thales in nichts unterschied als in der starken Verwitterung. Zuweilen tritt etwas starker Eisengehalt ein, und das Gestein sowie seine Verwitterungsproducte erhalten eine röthliche Farbe, daher trägt z. B. der Rotheckahrgletscher, nördlich von dem Wildspitzkamme, seinen Namen.

Dieser Glimmerschiefer verbreitet sich weiter aufwärts in dem Vent-Rofnerthale, bis er von einer schmalen Lage von Hornblendeschiefer durchsetzt wird. Dieselbe hat hauptsächlich auf der linken Seite des Thales eine weitere Erstreckung; wir verfolgten sie jedoch auch auf der rechten Seite an der Zwerchwand bis zu 7550 Fuss. Bei den Abhängen »im Brand«, in der Umgebung des Vernagt-Gletschers ist die Lage der Hornblendeschiefer wieder verschwunden, und es zeigt sich nur Glimmerschiefer, an welchem sich sehr schöne Felsschliffe finden.

Der Plateiberg, welcher sich hier auf der linken Seite des Thales sanft erhebt, zeigt einige merkwürdige Modificationen dieser Schiefergesteine. Man findet auf dem Kamme bei 9000 Fuss einen Glimmerschiefer, der sich durch schwarze, sehr regelmässig angeordnete Glimmerblättchen und die eisenschüssige Farbe seines Quarzes vor der Umgebung auszeichnet. Derselbe tritt in regelmässigen Lagen auf und hat noch eine weitere Verbreitung, indem er an den gegenüberstehenden Rofnerkögeln bei 8400 Fuss ganz in derselben Weise wieder erscheint, obgleich dieselben durch das breite Thal des Vernagt von dem Plateiberge getrennt sind. Die untere Grenze dieses Gesteines ist schwer zu bestimmen; jedenfalls muss dieselbe noch über 6000 Fuss liegen, denn dort fanden wir sowohl am Plateiberge als an den Abhängen der Rofnerkögel gegen den Hintereis- und den Kesselwandgletscher den gewöhnlichen Glimmerschiefer. An dem letzteren

Puncte war der Glimmer stellenweise durch schwärzlichen Talk fast völlig ersetzt. Das Gestein bekam ein graues, fettiges und schiefriges Ansehen, war sehr zerbröckelt, meist in dünne Lagen gespalten und es entstand so ein entschiedener Talkschiefer. Derselbe bildet jedoch nur Einlagerungen von geringer Mächtigkeit.

Auf der oberen Fortsetzung des Plateikammes finden sich in dem dortigen eigenthümlichen Glimmerschiefer zuweilen auch einige Feldspathkörner, obgleich der Quarz ganz entschieden vorherrscht. Sehr nahe der Spitze (10241 Fuss), wo einige Felsenstücke aus dem Schnee hervorragten, bestanden dieselben aus einem ungemein grobkörnigen Gefüge von Quarz mit demselben schwarzen und tombakbraunen Glimmer in grossen Blättern und aus Feldspath. Das Gestein war sehr verwittert, zerfiel bei jedem etwas heftigen Stosse in eine Masse eckiger Fragmente und hatte eine ockergelbe Färbung. Dabei waren die drei Bestandtheile oft ausgesondert, und besonders der Glimmer trat nesterartig hervor.

Das Ganze hatte manche Aehnlichkeit mit einigen grobkörnigen Graniten des Böhmerwaldes. Hier jedoch war dieses Gestein nur eine locale Modification des erwähnten Glimmerschiefers, mit dem auch sein Glimmer und Quarz völlig übereinstimmten. Die geringe Verbreitung, welche es hier hat, kann diese Ansicht nur bestätigen. Schon 1000 Fuss tiefer am Plateigletscher steht wieder der gewöhnliche graue Glimmerschiefer an.

Dieses letztere im ganzen Oetzthale so verbreitete Gestein zeigt jedoch ebenfalls in manchen Localitäten mehrere Abänderungen. In den obern Theilen bei Vent und Gurgl ist der Glimmerschiefer im allgemeinen sehr gleichmässig gemengt, aus etwas grauem Quarz und weissen und bräunlichen Glimmerblättchen. Zuweilen kommen Abänderungen mit mehr Glimmer vor, wie im Niederthale in der Nähe des Marcellgletschers. Dieselben erscheinen wieder am Similaun, dessen Gipfel (11435 P. F.) aus einem sehr glimmerreichen bräunlichen, leicht zerreibbaren Gesteine besteht.

An andern Puncten wird dasselbe sehr quarzreich und die Glimmerblättchen können in einzelnen Handstücken fast ganz fehlen. Dieses ist z. B. am Hochjoch der Fall, wo auch ganz reine Quarzadern sehr häufig auftreten.

Alter Bergbau ist uns in den obern Theilen des Oetzthales nirgends bekannt; es scheint, dass diese homogenen gleichförmigen Gesteinmassen der Gangbildung nicht günstig waren; ebenso fehlen im allgemeinen schön ausgebildete Mineralien. Nur Granaten kommen häufiger vor. Sie erscheinen hinter Huben theils in dem Glimmerschiefer, theils bilden sie mit dem Hornblendeschiefer eine Art von Eklogit.

Weit häufiger finden wir sie an den südlichen Abfällen in dem Glimmerschiefer des Schnalser- und Pfossenthales verbreitet. Sie bilden hier schon in der Eisrinne, auf den Kämmen am Ende des Gurgler-Gletschers mit einem glimmerreichen, bröckligen Schiefer ein sehr characteristisches Gemenge. Bei dem Dorfe »Unser lieben Frau« und am Similaun sind sie wieder aus dem Gesteine verschwunden.

Auch das Thal von Gurgl, seitlich von der Hauptrichtung des Oetzthales, zeigt im allgemeinen denselben Glimmerschiefer, welcher im Venterthale vorherrscht.

Ein sehr ausgezeichnetes Hornblendegestein von grosser Festigkeit und sehr körni-ger Structur unterbricht denselben am Hangererkogel. Wir fanden die untere Begrenzung des letzteren auf der »Grossen Alp« in der Nähe von 6500 Fuss. Hier folgt wieder Glimmer-schiefer. Dieser hält an bis zum Gurgler – oder Langthalersee, wo eine sehr feinkörnige Varietät desselben zahlreiche kleine Granaten einschliesst. Weiter nach oben treten »In der Schwärze«, einem Kamme auf der rechten Seite des grossen Oetzthaler Gletschers, abermals Hornblendegesteine auf. Sie bilden hier einen sehr festen schwarzgrünen Felsen von feinem, dichtem Gefüge aus Quarz mit vorherrschender Hornblende.

Der Hornblendeschiefer findet sich noch an einer dritten Stelle etwas nordwärts, am Granatenkogel. Er kömmt dort mit Kalklagen und Glimmerschiefer gemeinsam vor. In dem letztern finden sich grosse und schöne Granaten von 1 bis 2 Centimeter Durch-messer in bedeutender Anzahl.

Das Vorkommen des Kalkes, umgeben von krystallinischen Schiefern, ist hier nicht ohne Interesse. Der Gaisbachgletscher, welcher den Granatenkogel berührt, bringt den Kalk in grossen Blöcken herab. Derselbe hat eine sehr krystallinische Structur; er ist von den Einwohnern ungeachtet seines zerstreuten Vorkommens wohl gekannt und wird theilweise als Baumaterial benützt. In den nördlich und etwas östlicher ge-legenen Theilen des Oetzthales sind solche Lager von Kalk unbekannt und derselbe muss dort 5 bis 6 Meilen weit aus dem Innthale herbeige Holt werden.

Diese Kalkparthie steht aber doch nicht ganz isolirt da in dem weiten Kranze von krystallinischen Schiefergebilden, welche erst bei Meran theilweise von den breiten süd-lichen Kalkzügen begrenzt werden. Südlich von dem Hauptkamme dieser Gruppe kommt er noch mehrere Male vor. Am Ende des Pfossenthales, an dem Passe zwischen diesem und dem Pfelderthale bemerkt man an der »Weissen Wilden« und der »Kleinen Wilden« zwei Kalkberge, welche schon durch ihre helle Farbe von weitem kenntlich sind. Eine andere Kalkmasse findet sich wieder im angrenzenden Passeierthale zwischen Moos und Raben-stein. Im allgemeinen trifft man in diesem Thale vom Timbls und Jaufenpasse bis hin-über in das Eisackthal, wo diese Gebirgsgruppe endet, einen Glimmerschiefer, der fast vollkommen identisch ist mit jenem, welcher im Gurgler – und Venterthale an-steht. Aber zwischen den beiden oben genannten Orten erscheinen in einer langen Thal-enge von bedeutendem Gefälle eine Reihe von äusserst brüchigen Talk – und Kalkschie-fern, welche durch ihre grossen Trümmerbildungen bedeutende Verheerungen verursacht haben. Zwischen ihnen zeigen sich grosse Stöcke von Kalk, welcher bald etwas dichter und grau, meist aber sehr krystallinisch ist und zuweilen eine blendend weisse Farbe hat. In der Nähe findet man noch Streifen von Hornblende – und Chloritschiefern.

Diese Verhältnisse wiederholen sich ziemlich ähnlich in dem Pfitschthale, welches auf der gegenüberliegenden (linken) Seite der Brennerspalte sich befindet. Hier wie dort sind diese verschiedenen Schiefer – und Kalklagen sehr der Verwitterung unterworfen.

In beiden Thälern sind sie die Lagerstätte von zahlreichen, schön ausgebildeten Mineralien geworden, unter welchen besonders Turmalin, Rutil, Magnetkies, Chlorit, Glimmer u. s. w. genannt werden dürften. Das Pfätscherjoch und der Schneeberg bei Rabenstein sind als ihre vorzüglichsten Fundorte auch in den mineralogischen Handbüchern öfter angeführt. Es haben diese Kalklagen in der Oetzthalergruppe manche Aehnlichkeit mit der Kalkmasse des Ortlès, welche an dem entgegengesetzten Ufer der Etsch eine so bedeutende Höhe erreichen; ebenso wie mit den Einlagerungen von schönem Marmor, welcher bei Naturns seit langer Zeit in grossen Quantitäten gebrochen wird. Es sind also hier mehrere Punkte, wo inmitten der krystallinischen Schiefer selbst grössere Kalkmassen auftauchen; eine Erscheinung, welche auch an verschiedenen andern Punkten der Centralalpen beobachtet wurde.

Die Tauern in dem oberen Möllgebiete.

Die Tauern bilden einen hohen zusammenhängenden Zug krystallinischer Gebirgsarten, welcher einen Theil der Rhätischen Alpen ausmacht. Vorzüglich im Norden desselben zeigen die Alpen eine grosse Regelmässigkeit. Denn hier folgt ein ziemlich entwickeltes Uebergangsgebirge, worauf die nördlichen Kalkalpen in ihrer schönen grossartigen Reihe in dem Herzogthume Salzburg und in Baiern sich erheben. Die Zusammensetzung dieser umfangreichen Gruppe ist ziemlich verschieden.¹⁾ Gneiss und Glimmerschiefer herr-

1) Wir führen hier die wichtigsten Originalarbeiten an, welche specielle Beobachtungen über den Tauernzug enthalten. Die ältern Beobachtungen von HACQUET, VIERTHALER, v. MOLL, HOHENWARTH u. s. w. können hier übergangen werden; sie finden sich theilweise wiederholt in SCHULTES Reise auf den Grossglockner. 4 Bde. 1803. Bd. II.

LEOP. v. BUCH, geogn. Beobachtungen auf Reisen in Deutschland und Italien. 2 Bde. 1802. Bd. I. Dritter Abschnitt: Reise durch Berchtholsgaden und Salzburg.

KEFERSTEIN, Teutschland geognostisch-geologisch dargestellt. Bd. I. 1824. S. 292. u. s. f. und in andern Bänden.

RUSSEGER, über den Bau der Centralalpenkette im Herzogthume Salzburg. Zeitschrift für Physik von BAUMGARTNER. 1832. Bd. I und II. Eine sehr umfassende Arbeit. Im Auszuge in LEONHARDS Jahrb. f. Geognosie 1835 mitgetheilt, wo sich noch mehrere andere Abhandlungen von RUSSEGER über diese Gebirgsgruppe befinden.

RIEPL, über die geognostischen Verhältnisse und die Gruben des Rathhausberges. Bull. soc. geol. III. 142. VII. 13.

v. ROSTHORN, in LEONHARD's Jahrbuch. 1841.

PETZOLDT, Beiträge zur Geognosie von Tirol. 1843.

v. KLIPSTEIN, Beiträge zur geolog. Kenntniss der östlichen Alpen. 1843.

Bericht über die Generalversammlung des geognost.-montanistischen Vereins f. Tirol u. Vorarlberg v. J. 1845 u. 1846.

A. v. MORLOT, Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte der nordöstlichen Alpen. Ein Entwurf zur vorzunehmenden Bearbeitung der physicalischen Geographie u. Geologie ihres Gebietes. 1847. Mit einer schönen und sehr fleissig zusammengestellten Karte.

REISSACHER, die goldführenden Gangstreichen der salzburgischen Central-Alpenkette in: Naturwissenschaftliche Abhandlungen gesammelt und durch Subscription herausgege-

schen vor; zwischen diesen Gesteinen befinden sich grössere Massen von Chloritschiefer, von Hornblendgesteinen und von Kalk- und Kalkglimmerschiefern. Auch Granit und einzelne Serpentinparthien treten in mehreren Puncten auf.

Ein sehr schöner Gneiss erscheint in vielen Theilen der nördlichen Tauernthäler, in ihm setzen auch an verschiedenen Orten, z. B. am Rathhausberge im Gasteinerthale, zahlreiche Gänge von Gneiss und Quarz auf, welche durch ihren Reichthum an goldführenden Erzen schon in früher Zeit einen bedeutenden Bergbau hervorgerufen hatten.

Schöner granitischer Gneiss zeigt sich wieder im Sulzbachthale, am Grossvenediger und am Krimler Tauern, in der Nähe des bekannten Wasserfalles. Mit ihm wechselt Glimmerschiefer, in welchem sich mehrere Lager von Chloritschiefer befinden.

Uebersteigt man die Tauernkette, so trifft man theilweise die alte Gesteinfolge wieder. Sehr bald ist jedoch ein Unterschied zu bemerken, der sich ganz allgemein dadurch bezeichnen lässt, dass die Gneisse mehr zurücktreten und vorzüglich Glimmerschiefer nebst Chloritschiefer, zuweilen selbst thonschieferartige Gesteine vorherrschen. Der Erz-Reichthum jedoch bleibt auch hier charakteristisch; und es sind theils noch betriebene Bergwerke, wie im Taufererthal, theils eine grosse Reihe verlassener oder wieder aufgenommener Gruben in allen Thälern vorhanden.

Auch das Relief des Gebirges erleidet hier eine Aenderung. Diese südlichen Abdachungen sind im allgemeinen weit breiter als die nördlichen und nicht von einer so regelmässigen Folge paralleler Querthäler durchschnitten.

Das Möllthal mit seinen Verzweigungen ist hier dadurch ausgezeichnet, dass es die grössten Erhebungen dieser ganzen östlichen Alpen umfasst. Es bietet jedoch durch seine Gesteine auch ein speciell geognostisches Interesse.

Von den unteren Theilen des Thales oder über den Iselberg vom Drauthale aus kommend findet man Glimmerschiefer und etwas Hornblendeschiefer mit einem bedeutenden Fallen nach Süden. Erst bei Döllach und von da an aufwärts in den Seitenthälern der Möll ist eine Gebirgsmasse verbreitet, welche sich vor allem durch ihren grossen Gehalt an Kalk auszeichnet. Dieser erscheint in allen Schichten und verdrängt besonders im Glimmerschiefer den Quarz fast gänzlich, so dass ein ausgezeichnete Kalkglimmerschiefer entsteht. Ausser ihm finden sich noch reine Kalklagen, Talk- und Chloritschiefer und Serpentin.

Wir werden hier eine nähere Characteristik dieser Felsarten versuchen.

Der Kalkglimmerschiefer zeigt eine grosse Menge von Modificationen. Kalk und Glimmer bilden ein Gemenge, welches in dem äusseren Character vollständig dem Glimmerschiefer oder Gneisse gleicht. Daher kommt es, dass in den frühern Beobachtungen von

ben von Wilh. Haidinger. 1847. Bd. II. S. 17 u. s. w., mit einer reichhaltigen Karte und Benützung der Beobachtungen der Herrn v. Helmreich, Niederist u. Werkstätter.

Studer, B., Reise in den österr. Alpen im Herbste 1848. Leonhard u. Bronn Jahrb. Heft 2. 1849.

HOHENWARTH und SCHULTES diese Kalk- oder Kalkglimmerschiefer grösstentheils als wahre Gneisse und Glimmerschiefer aufgeführt wurden. Der Glimmer ist meist grau oder schwärzlich und wechselt in feinen Blättchen mit den sehr krystallinischen Kalkkörnern; zuweilen durchziehen das Gestein Adern von blendend weissem Kalke. Jedoch ganz frei von Quarz scheint dasselbe fast nie zu sein. Man entdeckt bei sorgfältiger Untersuchung mit der Loupe, oder beim Ritzen des Glases stets einige zerstreute Quarzkörner. Nur an einigen wenigen Stellen sind dieselben in grösserer Menge vorhanden, so besonders in dem Gössnitzthale in der Nähe des Bergwerkes.

Ein fernerer wesentlicher Bestandtheil fast aller dieser Schiefer ist der Talk. Er kommt vereint mit dem Glimmer vor, den er nur selten gänzlich verdrängt. Es bilden sich so reine Talk- und Talk-Kalkschiefer.

Sehr oft tritt auch der Kalk selbstständig und frei von Glimmer auf, welcher sich dann nur noch auf den Schichtungsflächen findet. Der Kalk ist meist grau, zuweilen sehr krystallinisch und bildet mit dem kalkigen Glimmerschiefer regelmässige Wechsellagen von 4—4 Fuss Mächtigkeit. Dieselben lassen sich vorzugsweise da beobachten, wo bei jähen Senkungen und tiefen Erosionen der Bäche grössere Profile nackten Gesteines entblösst sind. So findet man sie sehr ausgezeichnet an dem Einflusse des Pfandelbaches unter den Pasterzengletscher, an den Entblössungen beim Austritte der Möll aus den Engen am Sattel- und Georgenstein; in dem Leiterthale, an dem schönen Schichtenprofile der Freiwand, auf dem Brennkogel u. s. w. Diese Lagen werden von den Einwohnern längst zum Kalkbrennen benützt. Auffallend ist, dass der Kalk hier nicht selbstständige Berge oder Rücken bildet, wie dieses z. B. in der Oetzthaler-Gebirgsgruppe im Pfossenthale geschieht. Die Masse desselben in dem obern Möllgebiete ist zwar ungemein gross, aber statt isolirt aufzutreten, hat er, fein vertheilt, an der Zusammensetzung aller Felsarten wesentlichen Antheil genommen.

Ein mannigfach modificirtes Chloritgestein tritt ebenfalls in diesem Theile der Tauernkette auf. Schon ein Blick auf die Geschiebe der Möll lässt uns dasselbe erkennen. Es ist durchaus nicht ein ganz einfacher regelmässiger Chloritschiefer. Er enthält stets etwas Quarz, der in den sehr krystallinischen Varietäten deutlich und oft in ziemlicher Menge hervortritt und in allen, selbst den feinkörnigsten Stücken sich leicht unterscheiden lässt. Ein anderer steter Begleiter ist der Talk, welcher bald ganz vereinzelt, bald in grössern Quantitäten auftritt und so einen Wechsel von Chloritschiefern und chloritischen Talkschiefern herbeiführt. Auch kohlensaurer Kalk findet sich stets beigemischt. Man kann ihn beim Behandeln mit Säuren oder selbst mit der Loupe leicht auffinden. In krystallinischen Abänderungen befinden sich Chlorit, Talk, Quarz und Kalk fest verbunden. Jedoch ist der Kalk hier in weit geringerer Quantität vorhanden als in den Kalkglimmerschiefern. Zuweilen, z. B. in dem talkigen Chloritschiefer des Grossglockners, scheint derselbe anfangs zu fehlen, indem man an vielen Stellen mit Säuren kein Brausen bemerkt. Jedoch in anderen Stücken entdeckt man wieder einige weisse, feine Linien, die das dunkle Gestein durchziehen, und diese zeigen sich als Lager eines sehr schönen,

weissen Kalkes, welcher bald in feinen Adern, bald in grösseren Ausscheidungen noch bis zum höchsten Punkte am Grossglockner, über 12000 Fuss hoch, reicht.

Der seltenste Gemengtheil, welcher in diesem Chloritschiefer auftritt, ist der Feldspath. v. Rosthorn hat in seinen Bemerkungen über die Tauern, in der Nähe der Kriml¹⁾, zuerst das Vorkommen des Chlorites mit Feldspath in dieser Gruppe erwähnt. Es war für uns von Interesse, zu untersuchen, ob dieses Gemenge auch an den Chloritschiefern des Grossglockners in so bedeutender Entfernung von dem erstgenannten Punkte sich wieder auffinden liesse. Wir bemerkten denselben zuerst am kleinen Burgställe und an den untersten Parthien des Grossglockners. Das Gestein ist sehr krystallinisch mit vorwaltendem Chlorit. Zwischen demselben liegen Talk, zerstreute Quarzkörner und überdies viele hübsche, bald grössere, bald ganz kleine Kalkspathkrystalle. In diesem Gemenge befinden sich schöne Feldspathkrystalle von 1 bis 3 Millimeter Länge, constant mit röthlicher Farbe.

Ausser ihnen erkennt man mit der Loupe eine grosse Menge kleinerer Feldspathkörner, welche durch das ganze Gestein verbreitet sind. Dieses Auftreten des Feldspathes scheint auf die unteren Theile der mächtigen Chloritschiefermasse des Grossglockners beschränkt zu sein. Wir bemerkten ihn weder in den oberen dünn-schieferigen Lagen, noch an den verwandten Gesteinen der gegenüberliegenden Freiwand, wo auch Klipstein denselben nicht auffinden konnte.

In seiner Consistenz ist der Chloritschiefer dieses Gebietes sehr verschieden. Bald ist er sehr massig und bildet bei der Verwitterung grosse Blöcke, wie an der Freiwand oder am Burgställe, während er in andern Abänderungen in dünne Lagen geschiefert ist wie in den höhern Theilen des Grossglockners; er ist dort mit etwas mehr Talk vermengt, und zerfällt in sehr kleine, fast erdige Massen.

Als Beimengungen und Einschlüsse enthält er: Titaneisen, Magneteisen, Rutil, Strahlstein, Granaten, Kupferkies u. s. w.; sie kommen bald in der Masse fein vertheilt, bald als grössere Krystalle vor.

Die geringste Verbreitung unter den Gesteinen dieses Gebietes hat der Serpentin. Er ist in Stöcken und Lagern von geringerer Mächtigkeit vorhanden, so am kleinen Burgställe, im Thale von Kals, am Kalserthore, am Brennkogel, auf der Rachern u. s. w.

In den nördlichen Theilen der Tauern tritt derselbe in Verbindung mit Chlorit- und Talkschiefermassen, ähnlich wie am Grossglockner auf. Weit häufiger und mächtiger erscheint er in den südlichen Theilen an mehreren Punkten des Kreises Pusterthal. Seine Grenze gegen das umgebende Gestein ist im allgemeinen nicht sehr scharf. Serpentin, Chlorit- und Talkschiefer sind oft mannigfach verästelt und kaum zu unterscheiden.

Wenn wir die Verbreitung der beschriebenen Gesteinarten untersuchen wollen, so müssen wir vor allem den Kalkglimmerschiefer berücksichtigen, welcher bei weitem die grösste Ausdehnung besitzt und rings um das Becken von Heiligenblut (4004') die Berge zusammensetzt. Die Rachern (10362') und ihre ausgedehnten Abhänge gewähren vorzugsweise

1) Jahrbücher für Geognosie v. LEONHARD und BRONN. 1844.

viele Aufschlüsse über die Lagerungsverhältnisse desselben. Er wechselt dort zuweilen mit schmalen Serpentinbändern, und ist stellenweise von schmalen Asbestlagen, von Kalkspath und Arragonitdrusen durchzogen. Auch Gänge von Quarz ragen oft kammartig hervor, in einer Breite von $\frac{1}{2}$ bis 1 Fuss. Das Gestein ist in dünne Platten abgesondert und bildet grosse Anhäufungen von Trümmern und feinem Gruss. Durch die ungleiche Festigkeit seiner Bestandtheile bekommt es eine sehr raue Oberfläche, indem einzelne Quarzkörnchen sich länger erhalten. Auch entstehen durch die Verwitterung in der Nähe des Kammes, von der Albez über die Rachern zum Wasserradkopfe, eigenthümliche runde Formen, welche einige entfernte Aehnlichkeit mit den Rundhöckern (*roches moutonnées*) in der Nähe der Gletscher haben. Hier kann man an eine solche Entstehung unmöglich denken, da sie sich auf ganz freien Gipfeln, über 9000 und 10000 Fuss hoch, befinden. Dieselben Formen wiederholen sich hier in dem Kalkglimmerschiefer noch an mehreren Orten (am kleinen Burgstalle oder im Leiterthale); sie entstehen dann stets durch die Absonderung und Verwitterung des Gesteines.

Auf der Rachern hatten wir auch Gelegenheit, eine Reihe von sehr schönen Rutschflächen zu beobachten.

Auf dem Kamme, von der Spitze zum Wasserradkopfe, trifft man in einer Höhe von 10000 Fuss eine Reihe von Spalten in dem festen Gesteine, welche ganz deutlich fast senkrecht in die Tiefe setzen. Die Klüfte sind nicht immer parallel; im allgemeinen streichen sie von Nordost nach Südwest; zuweilen durchsetzen sie sich aber auch in spitzen Winkeln. Fast stets findet eine merkliche Verschiebung des Gesteines an der einen Seite des Risses statt: es zeigen sich oft Niveauunterschiede von 1 bis 2 Fuss, so dass man eine Stufe hinansteigen muss, um auf die andern Orte zu gelangen. Die Breite dieser Klüfte beträgt 2, 4 höchstens 15 Centimeter. Ihre Flächen sind ungemein glatt. Versucht man mit dem Hammer Handstücke abzuschlagen, so löst sich meist die äussere Kruste, 1 bis 2 Centimeter dick, sogleich als zusammenhängende feste Masse los, und es ist sehr schwer, ein Stück zu erhalten, wo der Harnisch mit dem andern Gesteine verbunden geblieben ist. Diese Zerreissung und Aneinanderreibung des Gesteins, von einer sehr kennbaren Niveauveränderung begleitet, ist besonders in einer so grossen Höhe auffallend. Sie können theils durch die ungleiche Zusammenziehung der Gesteinsschichten entstanden sein, theils mit den vielen Gängen im Zusammenhange stehen, welche für die ganze Tauernkette so charakteristisch sind und zuerst von RUSSEGGER ausführlich beschrieben wurden. Aehnliche Klüfte dürften sich hier noch mehrfach beobachten lassen, jedoch die starke Humusbildung in tiefern Regionen entzieht dieselben sehr leicht unsern Blicken.

Neben diesen ausgedehnten Massen von Kalkglimmerschiefer ist die Vertheilung der Chloritschiefer leicht zu verfolgen. Sie sind hier im allgemeinen in den tieferen Theilen seltener, während sie in den oberen Regionen ausgedehnte Lager bilden. Die eine Masse derselben, welche den Kamm der Freiwand zusammensetzt, ist schon von weitem durch die auffallend dunkle Färbung der Berge zu erkennen. Der Chloritschiefer beginnt etwas unter dem Hohen Sattel in einer Höhe von 6700 Fuss zu herrschen. An dem Profile der

Freiwand sieht man die Lagerung sehr deutlich. Er wechselt mit Kalkglimmerschiefer und Kalkschichten, und setzt die obern Theile oft in bedeutender Mächtigkeit fast ausschliessend zusammen.

Der zweite, grösste Chloritschieferstock des oberen Möllgebietes nimmt den Zug des Grossglockners auf der andern Seite des Pasterzenthales ein. Er umfasst dort eine relative Höhe von 3000—4000 Fuss und bildet die höchsten Gipfel. Auch hier, wie an der Freiwand, ist die untere Gränze des Chloritschiefers keine horizontale Linie. Er wechselt vielfach mit dem Kalkglimmerschiefer; auch bemerkt man häufig Stöcke von Serpentin. Im allgemeinen liegt diese Gränze zwischen 8000 und 9000 Fuss, da der Chloritschiefer fast nirgend bis zum Niveau des Gletschers (7500') herabreicht. Er nimmt die ganze Breite des Kammes ein, indem er sich auch auf der andern Seite am Leitergletscher verfolgen lässt. Seine Ausdehnung in der Längenrichtung ist ebenfalls ziemlich unregelmässig. Schon am Schwerteck beginnt der Kalkglimmerschiefer wieder vorzuherrschen und der Chloritschiefer findet sich nur in schmalen Lagen. Gegen das andere Ende des Glocknerzuges setzt er sich viel weiter fort. Bis in die Nähe der Todtenlöcher herrscht er ausschliesslich vor. Dort tritt wieder der Kalkglimmerschiefer auf, der theilweise mit Chloritschiefer wechselnd das Ende dieses grossen Kammes bis in den Edenwinkel bildet.

Ausser diesen beiden grössten Lagern von Chloritschiefeln findet man denselben noch allenthalben in kleinen Massen zerstreut. Von einem höhern Berge aus lässt sich derselbe wegen seiner dunkeln Farbe sehr deutlich verfolgen. Man bemerkt die zahlreichen Einlagerungen, welche er an allen Abhängen bildet, und die grössern Massen, welche ganze Kämme und Bergspitzen zusammensetzen.

Es bleibt die Frage zu erörtern, ob diese kalkhaltigen Schiefergebilde, welche wir in dem oberen Möllgebiete, in den Umgebungen des Grossglockners so entwickelt gefunden haben, in den Tauern überhaupt eine weitere Verbreitung besitzen.

In dem benachbarten Kalserthale¹⁾ im Westen treten sie ganz in derselben Weise wieder auf, ihre Mächtigkeit hat jedoch bedeutend abgenommen, indem sie nur mehr kleinere Lager zwischen regelmässigem Gneiss und Glimmerschiefer bilden.

Im Süden reicht diese Formation nicht bis an die Ufer der Drau. In den Seitenthälern der Möll bei Fragant, Seebach u. s. w. tritt sehr bald wieder wahrer, ganz kalkfreier Gneiss und Glimmerschiefer auf, welcher die Kalkglimmerschiefer begrenzt.

Im Osten treffen wir dieselben Gesteine noch auf dem grossen Kamme, welcher das Möllthal von den nördlichen Tauernthälern scheidet. Auch führt RUSSEGER an, dass er an mehreren Puncten und auf hohen Gipfeln, z. B. auf dem Ankogl, Hohen Narren, Sonnblick u. s. w. Glieder der von ihm unterschiedenen Formation III, nämlich Chloritschiefer und thonschieferartige Gesteine gefunden habe. Es dürften dieselben theilweise noch zur Masse des Grossglockners zu gehören. Im Norden über den Edenwinkel, das Caprun- und

1) Sie wurden dort schon früher durch v. ROSTHORN und durch die Commissäre des geogn. Vereins, TRINKER und KLINGLER, beobachtet.

Fuscherthal scheinen diese kalkigen Schiefer am weitesten fortzusetzen. Sie sind noch am Edenwinkel sehr entwickelt und in grösserer Entfernung auf der schönen Karte von REISSACHER nachgewiesen. Es scheint daher, dass wir die Umgebung des Grossglockners, nämlich das obere Möllgebiet mehr als den Mittelpunkt dieser Gruppe von Gesteinen betrachten können, welche als mächtige Einlagerung in der Tauernkette auftreten. Zerstreute kleine Parthien ähnlicher Gebirgsarten sind auch weiter westlich wieder bekannt.

Die Lage der Schichten ist hier von jener in den Tauern überhaupt nicht verschieden. Sie streichen im allgemeinen ziemlich regelmässig von Westen nach Osten mit einigen unwesentlichen Abänderungen. Auf der südlichen Abdachung fallen sie constant unter verschiedenen Winkeln nach Süden mit Abweichungen nach Südwesten und Südosten. Die Neigung ist stets sehr bedeutend, und auf dem Kamme stehen sie fast senkrecht. Nördlich von demselben tritt sehr steiles Nordfallen ein, welches auch in den Thälern der Gastein, Arl u. s. w. sich wiederholt.

CAP. XI.

Ueber die Bildung und Temperatur der Quellen und die Isogeothermen der Alpen.

Entstehung der Quellen. Abhängigkeit derselben von der Schichtenstellung, von der Terrassenbildung und den äusseren Formen des Gebirges und von dem Auftreten kleiner Thäler und Mulden. Eigenthümliche Erscheinungen in Kalkgebirgen. Zerklüftung und Porosität des Kalkes. Wassermasse. Höhengrenzen der Quellen. Methode der Temperaturbestimmung und Gruppierung der Beobachtungen. Abnahme der Bodentemperatur mit der Höhe. Centralalpen — Tauern. Temperatur in der Nähe der Baumgrenze. Höchste Quellen. Vergleich derselben mit den Beobachtungen in hohen Breiten. Mittel von Tausend zu Tausend Fuss. Nördliche Kalkalpen. Centralalpen — Umgebungen des Jaufen und Timbls. Südliche Abfälle. Vertheilung der Bodentemperatur in verschiedenen Alpengruppen. Tabellarische Uebersicht. Einfluss der mittleren Erhebung auf die Modificationen der Temperatur. Vergleich mit einigen Grenzen der Vegetation und des Schnees. Erläuterungen zur Isogeothermentafel. Elemente der Curven. Resultate. Zusammenstellung der Beobachtungen.

Indem wir versuchten, die Modificationen zu verfolgen, welche die Bodenwärme in den Alpen bei verschiedenen Höhen oder nach der Lage der einzelnen Gebirgsszüge erleidet, benützten wir eine Reihe von Beobachtungen über die Temperatur der Quellen, welche wir vorzüglich im Jahre 1847 und 1848 angestellt hatten.

Zu gleicher Zeit schien es nöthig, einige Bemerkungen über die vorzüglichsten Bedingungen der Quellenbildung mitzutheilen. Man hat längst erkannt, wie wichtig es für die richtige Anschauung in jedem Theile der physischen Geographie ist, die äusseren Umstände zu berücksichtigen, unter welchen die meteorologischen Processe vor sich gehen; und gerade in dem vorliegenden Falle wird man nur durch ein sorgfältiges Studium der Entstehung der Quellen, der geognostischen Zusammensetzung und der Eigenthümlichkeiten der Gebirgsgruppen, aus welchen sie entspringen, Klarheit und Gesetzmässigkeit in die Erscheinungen ihrer Temperaturen bringen können.

Die Entstehungsweise der Quellen wurde in neuerer Zeit aufmerksam verfolgt, um so mehr, da diese Studien durch die artesischen Brunnen eine ungemein practische Wich-

igkeit erlangt hatten. Auch auf die Bildung mancher Mineralien und die Umwandlung der Gesteine hat die Vertheilung des Quellwassers in dem Inneren der Gebirge grossen Einfluss.

Ueber die Temperatur der Quellen haben Alexander von HUMBOLDT¹⁾, Leopold von BUCH²⁾, WAHLENBERG³⁾, ERMAN⁴⁾, BISCHOF⁵⁾, KUPFFER⁶⁾, KÄMTZ⁷⁾, UNGER⁸⁾, SIMONY⁹⁾ und Andere eine Reihe von Untersuchungen angestellt.

Für die Alpen hat vorzugsweise WAHLENBERG im Jahre 1812 sich sehr verdient gemacht. Seine Beobachtungen, welche er in der nördlichen Schweiz anstellte, sind uns sowohl durch ihre Zuverlässigkeit, als auch dadurch wichtig, dass sie die Basis aller Bestimmungen über die Abnahme der Bodentemperatur mit der Höhe für diese Breiten geworden sind.

Entstehung der Quellen.

Die Principien der Quellenbildung sind gegenwärtig auf einfache mechanische Gesetze zurückgeführt worden; der hydrostatische Druck in communicirenden Röhren, und ein überall verzweigtes Netz von kleinen wasserhaltigen Spalten genügt, um das Phänomen der Quellenbildung in seiner Stetigkeit zu erzeugen. Das Wasser, welches in jedem Stollen herabträufelt, gibt uns Zeugniß von diesen einfachen Bedingungen; dass diese Verhältnisse sich noch bis in die höchsten Regionen fortsetzen, zeigten uns die Bergwerke in der Gösnitz 5796', in der Rauris 7500' und auf der Goldzeche 8858', wo schon 20 bis 30 Fuss vom Eingange entfernt, viel Wasser an den Wänden sichtbar wurde, obgleich die umgebende Felsschicht noch keine bedeutende Mächtigkeit erlangt hatte.¹⁰⁾

Wenn wir für die Alpen einige der wichtigsten und verbreitetsten Arten der Quellenentstehung hervorheben wollen, so zeigen sich uns als die einfachsten Quellen jene, welche im directen Verhältnisse zur Lage und Neigung der Schichten stehen. In sehr vie-

1) Vorzüglich: *Sur les lignes isothermes. Mémoires de physique et de chimie de la société d'Arcueil*. 1817. T. III; Central-Asien Band II, und an anderen Orten.

2) Physik. Beschreib. d. Canar. Inseln. GILBERT'S Annal. Bd. XLI. Abhandlungen der Academie zu Berlin 1825. POGGENDORFF'S Ann. Bd. 42, S. 403 ff.

3) GILBERT'S Ann. Bd. XLI. *De vegetat. et climat. Helvet. septentrional*. 1812. S. LXI. *Flora Carpath. S. XCIV*.

4) Quellen von Berlin. Abhandl. d. Academie. 1818—1819, S. 377 und Ad. ERMAN in Kämtz, Bd. II. Nachtrag S. 575 u. s. w.

5) Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers 1835. — Phys. und chem. Geologie. Bd. I. 1846.

6) Pogg. Ann. Bd. XV, S. 159 und Bd. XXXII, S. 270. *Voyages dans l'Oural* 382—398. *Edinb. Journal of science, New Series Vol. IV*. S. 355. — *Mem. d. l'Acad. de St. Petersburg. Class. phys. T. IV*. S. 67.

7) Meteorologie, Bd. II., S. 176.

8) Ueber den Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse 1836. Seite 40.

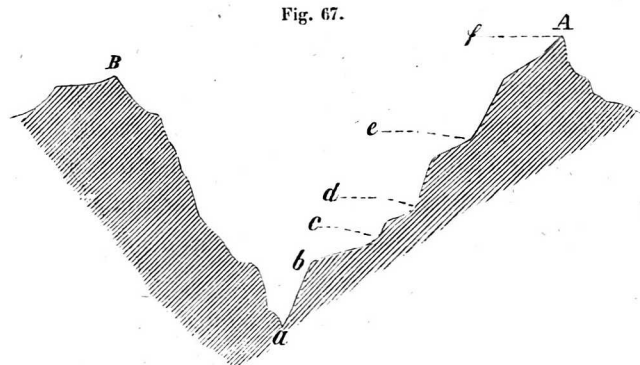
9) SIMONY, Quellentemperaturen im Salzkammergute. POGGENDORFF'S Annalen Band LXXVIII, S. 135; sie bilden einen Theil der zahlreichen Untersuchungen, welche der Verfasser in diesem Theile der Alpen anstellte. Da sie erst nach unserer Abhandlung in POGGENDORFF'S Annalen erschienen, konnten sie leider zur Construction der Isothermentafel nicht mehr benützt werden.

10) Sehr interessante Beobachtungen über Quellenbildung, besonders über ihren Zusammenhang mit den Gängen und den dadurch bedingten Spaltenbildungen im Gesteine hat Oberbergrath ZINKER im Harze angestellt, und in POGGENDORFF'S Annalen Band LXXVIII, S. 280 mitgetheilt.

len Theilen der Centralalpen, in welchen die Schichten steil aufgerichtet sind, ist es eine nicht seltene Erscheinung, die eine Seite eines Bergzuges mit üppiger Vegetation bedeckt zu sehen, während die entgegengesetzten Abhänge ganz davon entblösst sind. Forschen wir weiter, so hängt es mit dem Mangel oder Ueberfluss von Quellwasser zusammen und dieser ist unmittelbar durch die Schichtenstellung bedingt. Die atmosphärischen Wassersammeln sich nämlich an den Schichtenflächen, und sickern in der Richtung derselben herab, bis sie an den Schichtenenden in reichlichen Quellen zu Tage treten. Hingegen an den Seiten, wo die hoch erhobenen Schichtenköpfe anstehen, herrscht grosser Wassermangel.

Dieser innige Zusammenhang mit der Lage und Neigung der Schichtenabsonderungen zieht sich als leitendes Princip durch die ganze Entstehung der Quellen in den Alpen hindurch; obgleich die Verhältnisse in der Natur selbst nicht immer so einfach und klar bleiben, als wir sie eben angedeutet haben. Eine wesentliche Modification bewirken hier vor allem die hohen Abfälle und die terrassenförmige Gestaltung des Gebirges. Fast überall trifft man am Fusse dieser Wände eine Reihe schöner Quellen, und nicht nur bei grössern Abdachungen, sondern auch ganz im Kleinen macht sich dieser Einfluss geltend. Der beiliegende ideale Durchschnitt wird uns dieses am besten erläutern.

Fig. 67.



Wenn die Schichtenenden in der Contour des Berges liegen, wie es in *A* angegeben ist, so können zwar auch an den gleichmässiger geneigten Abhängen zwischen *cd*, *de* und *ef* Quellen hervorkommen, aber in der Natur werden sie dennoch hauptsächlich an Unregelmässigkeiten und Abfällen, vorzugsweise in *e* und *d*

den ganzen Abhang entlang sich zeigen. Man begegnet dieser Erscheinung sehr häufig in den Centralalpen; es befinden sich oft mehrere sehr markirte Absätze längs dem ganzen Berge, und man bemerkt ebenso viele Reihen von Quellen, welche sich bandartig durch die Wiesen herabziehen. Ja, sie sind so vorzugsweise auf den Fuss ähnlicher Absätze beschränkt, dass in den später folgenden weniger geneigten Parthien oft in grosser Entfernung keine Quelle zu Tage kömmt. Bei Temperaturbestimmungen hat dieses Verhältniss das Unangenehme, dass man oft sehr hoch hinaufsteigen muss, bis man den Ursprung der Quellen erreicht.

In unserem Durchschnitt befindet sich in *cba* eine jener terrassenartigen Abstufungen, welche für die Schieferzüge in den Alpen sehr characteristisch sind. Hier lassen sich allgemeine Regeln am schwierigsten aufstellen. Sehr häufig sind Quellen am Fusse der höheren Abhänge in *e*, auch von *c* bis *b* trifft man zuweilen einiges Wasser an, besonders wenn der Boden sehr uneben ist. Aber als sehr characteristisch müssen jene Quellen

genannt werden, welche häufig in *b* oder noch etwas unterhalb gerade da hervor kommen, wo wieder die grössere Neigung beginnt.

Diese Erscheinungen bleiben sich im allgemeinen ziemlich gleich, wenn auch die Schichtenköpfe anstehen, wie wir auf der Seite *B* sehen. Wir werden dann die Quellen noch weit mehr auf die Absätze beschränkt finden, zugleich fehlt meist jene Regelmässigkeit, dass längs ganzer Absätze hin eine Reihe von Quellen zu Tage tritt; auch an jenen Stellen, wo nach breiteren Terrassen plötzlich wieder eine bedeutende Neigung eintritt, kommen ebenso gut Quellen vor, als an den entsprechenden Puncten der andern Seite.

Die Entstehung solcher Quellen hängt entschieden mit Spaltungen des Gesteines zusammen, welche nach Art der communicirenden Röhren unter sich in Verbindung stehen. Jedoch, wie kömmt es, wird man fragen, dass die Oeffnungen der kürzeren Schenkel gerade am Fusse dieser Absätze zu Tage gehen? Man sieht hier einen schönen Beweis dafür, wie wenig äusserlich und zufällig die Form und Bildung des Gebirges sei. Wäre sie bloss durch Erosionen des Wassers oder Abrutschungen entstanden, wie könnten dann die Mündungen der Quellen damit in Zusammenhang stehen? die verticalen Spaltungen würden sich ununterbrochen nach abwärts fortsetzen, und das Wasser sich dort in der Tiefe verlieren oder höchstens zuweilen nach der Richtung der Schichtenflächen hervorsickern. Aber derselbe Grund, welcher die Bildung von Wänden, Terrassen und Mulden veranlasste, hat auch die Richtung der Spaltungen bedingt, auf welchen jetzt die Entstehung der Quellen beruht. Ihre Krümmungen und Biegungen stehen in innigem Zusammenhang mit der Gebirgsform; an schroffen Wänden ziehen auch diese feinen Spalten sich rasch in die Tiefe, und wenn dann plötzlich sanft geneigte Plateaux oder flache Thalsohlen folgen, erleiden auch sie eine Umbiegung und führen ihre Wasser zu Tage; und dieser Einfluss wird dann so mächtig, dass er den Zug der atmosphärischen Niederschläge längs der Schichtenflächen zum Theil überwindet.

Es ist natürlich, dass bei den grossartigen Gebirgsverhältnissen der Alpen die Neigung ebenfalls sehr wichtig ist. Sie modificirt vorzüglich den Platz, an welchem eine bestimmte Quelle hervortreten soll. Auch stehen damit die Quellen im Zusammenhang, welche man so häufig in den Alpenthälern am Fusse der seitlichen Höhenzüge antrifft; eine Erscheinung, welche sich von den tief eingeschnittenen Längenthälern bis hinauf zu den höchsten Regionen und den kleinsten Querthälern bemerken lässt. In Bezug auf ihre Mächtigkeit können natürlich diese Quellen sehr differiren; zuweilen sind sie besonders am Fusse hoher Wände sehr schön und stark, während sie da, wo sie in so grosser Anzahl aus den Schichtenenden hervorkommen, gewöhnlich kleiner bleiben. Man muss dann bei Temperaturbestimmungen sehr vorsichtig sein, da solche kleine Quellen von den Einflüssen der äusseren Temperatur sehr leicht afficirt werden. Dort ist es auch eine sehr häufige Erscheinung, dass bei reichlichen atmosphärischen Niederschlägen manche Quellen an Puncten zu Tage treten, die gewöhnlich wasserleer bleiben.

Sind auch die letzteren für Temperatur-Bestimmungen nicht wohl zu gebrauchen, so können sie doch für die Vegetation von grosser Wichtigkeit werden. Ja, der Zusammen-

hang des Gedeihens der Pflanzen mit dem Wasserreichthum ist so innig, dass wir umgekehrt öfter aus der Vegetation interessante Fingerzeige über das Vorhandensein und die Vertheilung von solchem Wasser erhalten. So ist z. B. der Wasserradkopf in seinen oberen Theilen ganz kahl und pflanzenlos; plötzlich mit dem Quellenreichthume tritt eine ungemein üppige Vegetation von Hochwiesen ein, welche zu den ausgezeichnetsten ihrer Art gehören. Schon von weitem ist dieses Verhältniss sichtbar, und die grüne Linie der Wiesen schneidet sich scharf von den braunen Tönen der nackten Gesteinlager ab, ohne dass weder in einer bedeutenden Höhendifferenz noch in der veränderten Neigung oder Exposition eine genügende andere Erklärung gefunden werden könnte. Die schmalen Bäche allein, welche sich durch jene Wiesen herabziehen, könnten den Boden nicht so reichlich tränken. Sie verschwinden gegen die grossen Dimensionen der Abhänge, da eine Wassermasse, höchstens $\frac{1}{2}$ Quadratfuss im Verticaldurchschnitt, zu beiden Seiten einen Raum von mehr als 300 Fuss Breite befeuchten müsste; es wird dieses auch dadurch unmöglich, dass das feste Gestein unmittelbar ansteht und die einzig leitende Humusschicht sehr dünn ist.

Es scheint im Gegentheile der Grund dieser üppigen Vegetation in einer Befeuchtung zu liegen, welche zwar weniger auffallend, aber allgemeiner und folgenreicher ist und besonders in Bergwerken sich deutlich erkennen lässt. Man trifft dort nicht nur eigentliche Quellen, sondern auch viele ungemein kleine Wasserabsonderungen, welche tropfenweise aus den Ritzen des Gesteines hervortreten. Man darf nicht glauben, dass diese Verhältnisse nur auf die tiefer gelegenen Bergwerke, deren Decke weit mächtiger ist, beschränkt seien, denn wir beobachteten sie selbst noch in den höchsten Stollen. Ganz dasselbe tritt hier unverkennbar auch an der Aussenseite der Berge ein. Die Schichtenflächen werden stets mit etwas Feuchtigkeit angefüllt sein, und an den Schichtenenden, wo alle Bedingungen des Zutagetretens so günstig sind, wird dieselbe allenthalben hervorsickern, zwar in ganz kleinen und unmerklichen Fäden, aber bedeutend genug, um den Boden feucht zu erhalten, und die Vegetation wesentlich zu beleben. Zu den mechanischen Momenten dieser Bewässerung kommt noch der Umstand, dass diese feinvertheilten Wasserfäden dem Gesteine sehr viele Berührungspunkte bieten, und so reicher an anorganischen Bestandtheilen werden.

Als eine dritte Reihe von Quellen sind noch jene zu erwähnen, welche von der Richtung der Schichten fast ganz unabhängig sind und mit der Configuration der Oberfläche, vorzugsweise mit der Thalbildung so sehr zusammenhängen, dass wir dadurch oft Kriterien bekommen, aus dem blossen Anblicke über die Wahrscheinlichkeit einer Quellenbildung an einem gegebenen Punkte zu entscheiden. Als besonders charakteristische Erscheinungen dieser Art kann man No. 11 und 17 der Tabelle II betrachten, den »Petersbrunnen und die Johannisquelle«. Bei beiden sieht man eine kleine Mulde, in welcher sich eine Furche, ein Einschnitt, gleichsam als Mittellinie herabzieht; in ihm liegt bei solcher Terrainbildung stets der Ursprung der Quelle. Diese Furche hängt aufs Innigste mit der Bildung der Mulde zusammen; alle Wasserfäden im Innern müssen sich in dieser Linie

sammeln, und treten dann an einer Stelle, wo der Widerstand geringer ist, oder eine bedeutende Aenderung der Neigung vor sich geht, als reiche Quellen zu Tage. Die Oeffnungen sind sehr weit; verfolgen wir dieselben nach Innen, so finden wir, dass sie nicht horizontal in den Berg verlaufen, sondern einen gewissen Parallelismus zur äusseren Furchen beibehalten. Jedoch steht überall das feste Gestein an, und die Temperatur war die beste Bestätigung, dass dieses nicht oberflächliche Quellen waren. Die Oeffnungen derselben sind sehr gross, als die Folgen des constanten ganz unveränderten Abflusses gerade an dieser Stelle. Wenn auch viele kleinere Quellen ihre Austrittsstellen sehr oft wechseln, so ist dieses hier nicht der Fall. Und dann wird die einfache aber stetige Kraft der Erosion genügen, um das Flussbett immer tiefer zu legen. Characteristisch ist auch in den meisten derselben der feinkörnige Sand, welcher den Boden bedeckt. Seine Quarz- und Glimmerblättchen sind der Rückstand der chemischen Zersetzung, welche die Felsen durch das Quellwasser erfahren haben.

Eigenthümliche Erscheinungen in Kalkgebirgen.

Wir betrachteten bis jetzt hauptsächlich nur die Gebirge der krystallinischen Schiefer; die Erscheinungen, welche wir bei den Kalkalpen bemerken, sind den eben mitgetheilten Thatsachen im allgemeinen analog. Jedoch tritt die Schichtenabsonderung hier weit deutlicher und einflussreicher hervor, vor allen aber ist es die grosse Zerklüftung und Spaltenbildung des Gesteins, welche sehr bedeutende und merkwürdige Anomalien hervorruft. Diese Zerklüftung ist eine bekannte Thatsache; wir brauchen nur an die Erscheinungen beim Zirknitzersee, an das Verschwinden vieler Flüsse im Kalke des Karstes und des Jura und an die unbezweifelten Thatsachen zu erinnern, dass hochgelegene Alpenseen tiefer entspringenden starken Quellen oft direct das Wasser zuführen.

Diese Eigenthümlichkeit hat auf die Entstehung aller Quellen grossen Einfluss. Der Kalk bildet in den Alpen ungemein hohe steile Wände und fällt jäh in die Thäler ab; da sich hiermit die bedeutende Zerklüftung des Gesteins im Innern vereinigt, so ist es zuweilen möglich, dass die Quellwasser aus grossen Höhen sich vereinigen, rasch im Innern der Wände herabstürzen und dann als starke Wassermassen mit einer Temperatur zu Tage treten, welche sie noch aus den höheren Regionen mitgebracht haben¹⁾.

Es ist nicht uninteressant in Beziehung auf die Spaltenbildung im Inneren der Kalkgebirge und auf den grossen Wasserreichthum der Quellen hier zu erwähnen, dass die Quelle von Vaucluse, welche bei ihrem Hervortreten den Fluss Sorgue bildet, nach ARAGO in einer Minute im Minimum 444 und im Maximum 1330 Cubicmeter liefert²⁾.

In den Alpen sind die Quellen oft sehr stark, und fördern so eine bedeutende Wassermasse zu Tage. Die jährliche Regenmenge und die Quantität von Thau oder Reif ist hier sehr

1) Vergl. Leopold v. Buch: Geognost. Beobachtungen auf Reisen in Deutschland u. s. w. Bd. I. S. 249.

2) STÜDER, Physikalische Geographie und Geologie I. S. 89.

gross; und durch die wechselnde Schichtenstellung, durch die mannigfaltigen Formen der Berge und Thäler wird es den so angesammelten Wassermengen möglich, in einer bedeutenden Anzahl von grossen und kleinen Quellen hervorzutreten. Die Folge der grossen Zerklüftung des Kalkes ist, dass die Quellen im allgemeinen seltener sind, weil sich das Wasser concentrirt, und dass gerade diese reichen Quellen oft grosse Störungen in dem Gange der Temperaturabnahme hervorbringen. Wir finden alle diese Verhältnisse bei den Quellen der Isar so schön ausgedrückt, dass wir uns nicht versagen können, bei denselben hier einige Augenblicke zu verweilen. Die erste Quelle der Isar entspringt im oberen Ende des Lavatschthales in Tirol bei einer Höhe von 5727,7 Par. Fuss. Sie befindet sich in der Thalsohle, hinter ihr erhebt sich ein weniger bedeutender Rücken, aber zu beiden Seiten, vorzüglich zur Linken, haben wir mächtige senkrechte Kalkwände, die am Speckhorn noch bis zu 8450' reichen. Dabei sind auch die Schichten ungemein steil aufgerichtet, kurz alles trägt dazu bei, das Wasser rasch in die Tiefe zu führen. Dort tritt es in mehreren Mündungen zu Tage, von denen der Hauptstrom 3,4° C. zeigte. Die kleineren Quellen waren theilweise wärmer, wohl deswegen, weil ihre geringere Wassermasse leichter die Temperatur der tieferen Gesteinschichten, durch die sie zuletzt kamen, annehmen konnte. Sie zeigten 3,5, 3,8, 4,0° C.; ja einige derselben, die einen nicht ganz freien Ausfluss hatten, waren 5,8 und 5,9° C. Bei den Berechnungen der Quellentemperaturen konnte natürlich nur die Angabe berücksichtigt werden, welche die meisten Quellen und vorzugsweise der Hauptarm zeigten. Verfolgen wir jetzt das Lavatschthal etwa eine Meile nach abwärts, so treffen wir wieder eine plötzliche Senkung von 500 Fuss Höhe da, wo sich dasselbe mit dem Hinterkahre vereinigt, um dann das Hinterauthal zu bilden. In der Nähe dieses Abhanges zeigt der Kalk viele Zerklüftungen; daher kömmt es, dass im Hochsommer, wenn die Quelle ohnedem schwächer fliesst¹⁾, hier das schwache Bächlein völlig verschwindet. Aber unten im Thale, wo ein schöner Boden »im Kasten« sich ausbreitet, dringen ungemein reichlich die zweiten Quellen der Isar hervor. Ihre Entstehung ist ganz analog jener der ersten, nur noch weit prägnanter und auffallender. Die relative Höhe der umstehenden jähnen Abdachungen beträgt mehrere tausend Fuss; die Wasserfäden scheinen sich unten im Thale zu sammeln, und treten dann in so grosser Anzahl und so heftig zu Tage, dass sie sogleich einen ansehnlichen Bach bilden. Ihre Temperatur ist für ihre Lage sehr niedrig, 4,6°, was constant die grösseren Quellen zeigten, die kleineren, welche unter Gerölle oder Moos hervordringen, erreichten 5,0 bis 6,2°.

Eine andere Erscheinung, welche man vorzugsweise im Kalke sehr schön entwickelt trifft, müssen wir hier noch erwähnen. Es sind dieses deutlich ausgesprochene kleine Wasserserrinsale, welche sich in den mannigfachsten Formen und Ausdehnungen bald über sanft geneigte Abhänge, bald über steilere Wände herabziehen; in den meisten Fällen ist die Existenz von Quellen daran geknüpft. Die Grösse und Mächtigkeit derselben hängt von der Ausbreitung der Rinnen und der Zahl der übrigen Quellen der nächsten Umgebung ab.

1) Ganz versiegen soll sie nach den bestimmten Aussagen der nahewohnenden Alpenhirten niemals.

Dabei kann man dieselben als alte Flussbetten oft einige 400' weit mit etwas Geröll erfüllt, verfolgen, während doch erst weiter unten einige Quellen in denselben hervortreten. Die Erklärungsweise ist ganz einfach die, dass in trocknen Zeiten die atmosphärischen Wasser tief herniedersinken, ehe sich eine hinlängliche Masse sammelt, um als Quelle hervortreten zu können. In nassen Perioden dagegen sind die unteren Kanälchen sehr überreich mit Wasser angefüllt; die neuen Niederschläge werden sich daher schon in den obern Schichten ansammeln und so Quellen viel weiter oben bilden, deren leere Flussbetten wir dann im Sommer treffen. Bemerkenswerth ist dabei immerhin die Gesetzmässigkeit in Beibehaltung derselben Rinne, welche uns dieses Beispiel nachweist.

Höhengrenzen der Quellen.

Da wir jetzt einige der wichtigsten Momente der Entstehung der Quellen untersucht haben, möchten wir noch gerne die interessante Frage berühren, bei welcher Höhe die letzten Quellen in den Alpen vorkommen können; eine Betrachtung, welche auch für die Untersuchungen über ihre Temperaturen von Wichtigkeit ist, indem sie entscheidet, bis zu welchen Grenzen wir die Abnahme derselben werden verfolgen können. Es ist erforderlich: erstens ein gewisses Areal, welches die atmosphärischen Niederschläge aufnimmt, und dann irgend eine relative Erhebung, an deren Fuss die im Innern gesammelten Wasserfäden zu Tage kommen können. Es beträgt aber die durchschnittliche Höhe der Alpengipfel ersten Ranges 12000 Par. Fuss und darüber; 4000 Fuss relative Höhe könnte man wohl als ganz hinlänglich zur Quellenbildung betrachten, da in niederen Gebirgen oft schon einige 400 Fuss genügen. Und doch scheint es uns, dass man in den europäischen Alpen schwerlich eine Quelle bei 10000 Fuss über dem Meere treffen kann. Den Grund davon darf man nicht nur in der Gestaltung des Gebirges, sondern auch in den klimatischen Verhältnissen suchen.

Die atmosphärischen Niederschläge sind in jenen Höhen der Quellenbildung nicht sehr günstig. Sie sind theils weniger heftig als in der Tiefe, theils bestehen sie aus feinen Schneeflocken, und vorzugsweise aus dem starken Thau und Reif, welcher sich beständig an die Alpengipfel niederschlägt. Und dieser dient nur dazu, die grossen Firnmassen zu vermehren, oder er wird an nackten Felsen durch die Verdunstung rasch wieder entführt. Diese letztere ist unter dem geringen atmosphärischen Drucke so bedeutend, dass es nicht selten ist, schwache Wasserfäden, welche sich aus geschmolzenem Schnee bilden und über hohe Felsenwände herabziehen, völlig verschwinden und veräunsten zu sehen, bevor sie noch die Tiefe erreicht haben. Da, wo durch directe Besonnung die Temperatur der Felsen auf 30 und 50° erhöht¹⁾ wird, geht diese Verdunstung besonders ungemein auffallend vor sich.

Hiezu kommt, dass wir zwar einige tausend Fuss relative Höhe haben, aber bei diesen hohen steilen Alpengipfeln bleibt dennoch der Cubikinhalte des Gebirges verhält-

1) Wir fanden dieselbe in der Nähe der Adlersruhe am Grossglockner bei 10800 Fuss noch zu 35° C.

nissmässig klein und der Quellenbildung ungünstig. Die Daten über das oberste Vorkommen derselben sind nur sehr wenige. Die höchste, welche wir kennen, ist bei 8858 P. F. in einem Stollen der Goldzeche in der grossen Fleuss in Kärnthen. Unter den ins Freie austretenden folgt zunächst jene von der Salmshöhe bei 8223. Sie entspringt, wie man erwarten durfte, gerade da, wo die grössten Erhebungen sind, am Fusse der Glocknerkämme, welche sich als mächtige Gebirgsmassen bis zu 12000 Par. Fuss zur Seite eines der höchsten Alpenthäler erheben, das bei 8500 Fuss noch eine schön ausgesprochene Thalsole hat.

Von dieser Höhe abwärts wird man dann schon mehrere Quellen treffen; aber immer sind sie noch weit spärlicher als tiefer unten in den alpinen und subalpinen Regionen. Eine der interessantesten, der wir begegneten, der Höhe nach die dritte, war am Hochthore, zwischen dem Thale des Rauris und der Möll, in dem Hauptkamme der Tauernkette bei 8120 Fuss. Zu beiden Seiten erheben sich kleinere Gipfel kaum bis zu 9800 Fuss. Der Pass selbst ist durch eine ziemlich flache Einsattelung gebildet, an deren höchster Stelle eine kleine Quelle aus einer senkrechten Oeffnung in die Höhe steigt. Sie erhebt sich 4 bis 5 Centm. über den Boden und zeigt somit deutlich, dass sie ihre Schenkel in den seitlichen Anhöhen hat. Nur in sehr heissen Sommern soll sie so schwach sein, dass man Mühe hat, Trinkwasser aus ihr zu erhalten.

Wir können also die Grenze der Quellen für die Centralalpen zwischen 8500 und 9000 Par. Fuss annehmen; setzen wir die mittlere Gipfel- und Kammhöhe zu 10500—11000, so erhalten wir als Abstand der Quellengrenze 2000 Fuss. Da die Grenze mit der Höhe des Gebirges zusammenhängt, so muss sie in dem nördlichen Kalkalpenzuge, der bedeutend niedriger ist, schon deswegen weniger hoch sein; wir glauben dort 6000—6500 Fuss als allgemeine Grenze setzen zu dürfen. Die mittlere Gipfel- und Kammhöhe zwischen 7800 Fuss und darüber angenommen, erhalten wir eine Differenz von 1500 Fuss. Diese ist hier auffallenderweise kleiner, als beim Schiefer, während wir doch oben sahen, dass gerade durch die steile Wandbildung des Kalkes die Quellen in grosse Tiefen stürzen und oft zu Tage treten. Der Widerspruch löst sich, wenn wir bedenken, dass die beiderseitigen Verhältnisse nicht vergleichbar sind. Die Kalkberge reichen nicht bis in jene eisigen Regionen, wo durch die Kälte und das Schneewasser beim Schiefer der Centralalpen eine so bedeutende Depression der Quellengrenze bewirkt wird; und vergleichen wir sie mit Schiefergebirgen ähnlicher Grösse, z. B. mit den Gebirgszügen am Brenner, mit dem Jaufen und Timbels, so finden wir ein anderes Verhältniss. Dort kommen zuweilen schon Quellen kaum 500' unter den Gipfel- und Kammhöhen vor; der Abstand wird im Maximum 1000', und unsere Behauptung ist vollkommen bestätigt. Wir können also sagen, die Grenze der Quellen steht in directer Beziehung zur Höhe der Gebirge; bei sehr grossen Erhebungen kann jedoch dieses Verhältniss, modificirt durch den Einfluss des Klimas und der Gebirgsform, nicht ungestört fortgehen. Ferner ist dieser Abstand der Quellengrenze von der mittleren Gipfel- und Kammhöhe im Kalk grösser als im Schiefer, vorausgesetzt, dass die verglichenen Gebirgszüge gleiche Höhen haben.

Methode der Temperaturbestimmung und Gruppierung der Beobachtungen.

Bei den Untersuchungen über die Temperatur der Quellen wird wohl jene Frage die erste sein, ob wir die Wärme derselben als etwas Constantes betrachten können, dessen Bestimmung für allgemeine geothermische Verhältnisse wichtig ist. Es ist bekannt, dass die Temperatur des Bodens von der Wärme der Luft abhängig ist, sie zeigt daher auch Schwankungen wie die letztere; mit der zunehmenden Tiefe werden jedoch die Oscillationen immer weniger deutlich, und im Mittel finden wir, dass die täglichen Schwankungen der Lufttemperatur bei 3,86 Fuss und die jährlichen bei 73,33 Fuss aufhören sich geltend zu machen⁴⁾. Diese Tiefen selbst sind sehr veränderlich, wobei die Beschaffenheit der Bodenart den wesentlichsten Einfluss zu haben scheint. Jedoch diess ist für alle sicher, dass wir beiläufig in jenen Tiefen eine constante Bodentemperatur erhalten, als den Endausdruck der gesammten klimatischen Verhältnisse eines Ortes. Diese constante Temperatur zu bestimmen muss offenbar das grösste Interesse haben. Verschiedene Physiker untersuchten diese Verhältnisse in neuerer Zeit mittelst einer Reihe in den Boden eingesenkter Thermometer. Indem wir wünschten, bei unsern physicalischen Arbeiten in den Alpen zu diesen Untersuchungen ebenfalls einige Beiträge zu liefern, glaubten wir in der Temperatur der Quellen ganz passende Angaben zu finden.

Die Frage über die absolute Identität der Quellen- und Bodentemperaturen, und über den Einfluss der atmosphärischen Niederschläge wollen wir hier nicht näher erörtern, da es uns nicht möglich war, durch Bohrversuche in dem festen Gesteine Beobachtungen zu machen. Jedenfalls zeigen unsere Daten, dass man ein Phänomen, bei welchem sich ein so inniger Zusammenhang mit den Gesetzen der allgemeinen meteorologischen Prozesse in den Alpen und den Veränderungen der Pflanzenwelt erkennen lässt, unmöglich vernachlässigen darf.

Ein anderer Einwand, den man zuweilen gemacht hat, ist der, dass diese Angaben nicht ganz zuverlässig seien, indem sie theils grosse Differenzen der Temperatur nach den Jahreszeiten ergäben, theils durch viele andere locale Erscheinungen mannigfach verändert würden. Es scheint jedoch, dass man sich hier durch die Unregelmässigkeiten, welche uns in der Natur allerdings im ersten Augenblicke sehr störend begegnen, zu schnell abschrecken liess.

Vor allem muss man zwischen den bedeutenden Anomalien durch Insolation des Wassers und des Gesteins und den eigentlichen localen Störungen unterscheiden, welche selbst durch die sorgfältigste Beobachtungsmethode nicht ganz entfernt werden können. Auch ist es nöthig, eine grössere Reihe zusammenhängender Daten zu haben, um allgemeine Folgerungen zu wagen. Man kann dann zu Resultaten gelangen, welche unser volles Vertrauen verdienen, und man wird um so mehr Interesse daran finden, wichtige Phä-

4) Nach STUDER's physic. Geographie und Geologie.

nomene, welche uns die Entstehung und Temperatur der Quellen in jeder Beziehung darbieten, aufmerksam zu analysiren.

Unter den Anomalien, welche wir bei der Temperatur der Quellen bemerken, sind bei Gebirgen von bedeutender Mächtigkeit und Neigung vor allem jene zu berücksichtigen, welche wir früher als abhängig von der geognostischen Zusammensetzung darstellten. Eine andere Störung könnte durch aufsteigende Quellen bewirkt werden, welche theilweise durch die Temperatur der unteren Gesteinschichten, theils durch locale chemische Prozesse verändert sind ¹⁾. Jedoch scheinen solche Störungen in den Alpen nur an verhältnissmässig wenigen Stellen vorzukommen, da die homogenen ausgebreiteten Gesteinmassen auch constantere regelmässige Quellenbildungen erzeugen, als da, wo in späteren Formationen Strata von sehr verschiedener wasserhaltender Kraft mit einander wechseln und mannigfache Hebungen bedeutende Ablenkungen im Laufe der unterirdischen Gewässer hervorbringen mussten.

Vor allem wichtig ist die Frage: ob die Temperatur der Quellen das ganze Jahr völlig gleichmässig sei, oder ob sich einige, wenn auch schwache Oscillationen in derselben bemerken lassen. Wir besitzen nur für wenige Quellen ausführlichere Beobachtungen, von denen vor allen jene von ERMAN ²⁾, WAHLENBERG, MERIAN ³⁾ und THURMANN ⁴⁾ wichtig sind. Eine längere Reihe von Daten für alpine Quellen ist uns nicht bekannt. Wir suchten so viel als möglich etwaige Schwankungen zu berücksichtigen, konnten aber bei den wenigen Wochen der einzelnen Reihen nur sehr geringe Oscillationen beobachten. Wir glauben, dass dieselben grösstentheils mit dem umgebenden Gestein zusammenhängen, und der feste Felsen, welcher überall in den Alpen ansteht, wird den Einflüssen der Witterung und der warmen Sommerregen eine weniger bedeutende Wirkung gestatten als ein loser Kies- oder Lehm Boden.

Viele unserer Quellen wurden zu zwei verschiedenen Jahren, fast alle wiederholte Male beobachtet. Die bedeutende Höhendifferenz, welche zwischen den einzelnen Quellen herrscht und im Maximum (höchste Quelle 8858, niedrigste 1500) 7300 Fuss beträgt, wird nicht wenig dazu beitragen, kleinere Unregelmässigkeiten für die Darstellung allgemeiner Gesetze verschwinden zu machen.

Eine ungleich grössere Fehlerquelle kann in der Methode der Temperaturbestimmung liegen. Es ist schwer, vorsichtig genug zu sein. Vor allem ist nöthig, dass die Quelle ganz original sei, das heisst frei aus dem Boden hervortrete, gross genug, um den Einflüssen der oberflächlichen Bodentemperatur zu widerstehen. Sobald sie nur eine ganz kleine Strecke durch Geröll oder Erde, welche den eigentlichen Ursprung derselben im festen Gestein überdeckt, oder durch Wiesenstücke gekommen ist, so hat die bedeutende Wärme dieser

1) Ueber die höhere Temperatur der mineralischen Quellen, zunächst der Sauerwässer; vergl. Leopold von BUCH: Einige Bemerkungen über Quellentemperaturen. Abhandl. der Acad. zu Berlin 1825.

2) ERMAN, Quellen von Berlin. Abhandl. d. Acad. 1818—1819.

3) Abhandlung über die Wärme der Erde in Basel. 1823.

4) *Essai de Phytostatique appliqué à la chaîne du Jura* 1849. T. I. S. 55.

obersten Schicht, welche der ganzen Kraft der Insolation ausgesetzt ist, einen ansehnlichen Einfluss. Es lassen sich dort bei verschiedenen Tageszeiten und jedenfalls bei sehr anomalen Witterungsverhältnissen stets deutliche Oscillationen bemerken. Da, wo eine Quelle mit mehrfachen Mündungen hart neben einander zu Tage kömmt, ist grosse Sorgfalt nöthig; diese Verästelungen finden oft erst an der Oberfläche unter grossen Felstrümmern statt. Wir beobachteten dann stets alle Zweige, um aus der Uebereinstimmung derselben die Richtigkeit der Angaben zu beurtheilen. Aber auch grosse starke Quellen können uns täuschen; wenn wir das Thermometer am eigentlichen Ausflusse einführen, erhalten wir die Temperatur um 0,4 bis 0,2° C. zu hoch. Bei diesen grösseren Oeffnungen können die directen und reflectirten Sonnenstrahlen $\frac{1}{2}$ bis 4 Fuss in das Innere dringen; sie erwärmen dann den Felsen, wenn auch nur sehr oberflächlich, und unsere Bestimmung wird ungenau. Es ist überraschend, wie schnell das Wasser, wenn es über besonnte Steine läuft, eine höhere Temperatur annimmt. Wir bestimmten daher bei allen Quellen und vorzüglich bei jenen, wo schon von Natur grössere Oeffnungen vorhanden waren, die Temperaturen so weit als möglich im Innern. Eine wesentliche Regel ist, die Bestimmung nicht an einem einzigen Orte zu machen; wir haben das Thermometer an 5 bis 6 Punkten, bald weiter innen, bald weiter nach aussen eingeführt, um uns zu überzeugen, dass wir schon Punkte erreicht hatten, wo der Einfluss der oberflächlichen Insolation völlig verschwunden war. Bei kleineren Quellen ist es gewöhnlich nöthig, sich den Ausfluss derselben frei zu machen. Wir benützten dazu den Alpenstock, mit dem man leicht eine Oeffnung herstellen kann, der Art, dass das Wasser frei ausfliesst und das Thermometer bequem angebracht werden kann.

Das letztere muss gehörig abgekühlt, nämlich längere Zeit in dem Wasser gelassen, ja wo möglich völlig in dasselbe eingetaucht werden. Auch wandten wir stets die bekannte Vorsicht an, dasselbe ein Mal bedeutend über die Temperatur, das zweite Mal durch Befeuchten und Verdunstenlassen unter die Temperatur der Quelle zu bringen und begnügten uns nur, wenn beide Beobachtungen ganz gleiche Resultate ergaben.

Das Ablesen bietet zuweilen einige Schwierigkeiten; jedoch an den stark geneigten Abhängen des Gebirges ist es möglich, dieses zu thun, während noch die Thermometerkugel völlig im Wasser steht, besonders wenn der zweite Beobachter abliest, während der andere das Thermometer hält und auf seine senkrechte Stellung achtet. Wo diess nicht möglich ist, kann man allerdings auch das Thermometer einige Zoll über das Wasser schnell zum Ablesen herausheben; mit gehöriger Sorgfalt differiren die so erhaltenen Resultate durchaus nicht von den vorhergehenden. Vor allem wichtig ist, dass man das Verfahren öfter wiederholt; alle Vorsichtsmassregeln bei der Bestimmung der Quellen gründen sich wohl darauf, dass durch Beobachtungen in den verschiedenartigsten Verhältnissen die wahre Temperatur mit Gewissheit herausgestellt werde. Die Dauer einer Beobachtung ist im Durchschnitte 30 bis 40 Minuten. Wir bedienten uns dazu unserer gewöhnlichen Thermometer, in Fünftel Grade Celsius getheilt; die Zehntel durch Schätzung abzulesen. Die Instrumente waren alle sorgfältig verglichen. Am vortheilhaftesten

fanden wir es, dieselben zu diesem Zwecke sehr compendiös einzurichten, sie reichten nur ein paar Grade unter und 25 Grade über den Nullpunct, so dass sie in einem soliden hölzernen Futterale noch in eine Rocktasche gesteckt werden konnten.

Es sind diese Taschenthermometer sehr bequem, da man sie bei den Bestimmungen von Wassertemperaturen und Quellen aller Art so oft benützen muss; aber es ist sehr schwer, sie vor Beschädigung zu schützen, da sie leicht gegen hervorragende Unebenheiten des Bodens angestossen werden. Wir hatten z. B. im Jahre 1848 vier derselben mit uns genommen; noch vor Beendigung der Reise waren sie zerbrochen, und wir mussten uns mit unseren gewöhnlichen längeren Thermometern behelfen.

Die ausführliche tabellarische Zusammenstellung unserer Beobachtungen ist am Schlusse mitgetheilt. Wenn wir sie alle bloss nach der Höhe an einander reihen wollten, würden wir ein sonderbares Gewirre widersprechender Thatsachen erhalten. Es sind absichtlich alle wichtigen Nebenumstände angegeben; auch glauben wir durch genaue Bezeichnung der Localitäten die Auffindung wesentlich erleichtert zu haben, und es würde uns sehr freuen, wenn dadurch andere Physiker später an denselben Quellen Beobachtungen anstellen könnten. Wenige Worte werden zur Erläuterung der Tabellen genügen.

No. I. *Nördliche Kalkalpen*. Beobachtungen aus der Hochebene um München, dem Isarthale und der Benediktenwand; in Bezug auf ihre Entstehung sind hier die interessantesten Quellen jene der Isar, welche wir schon früher besprachen.

No. II. *Centralalpen, Tauern*. Wir haben hier die Beobachtungen aus der östlichen Fortsetzung der Centralalpen, den Tauern, zusammengefasst. Sie sind aus den höchsten Theilen derselben, in der Umgegend des Grossglockners.

No. III. *Centralalpen, Umgebungen des Jaufen und Timbls*. Hier sind einige Beobachtungen gegeben, welche wir im September 1848 in den niederen Theilen der Centralkette, zwischen Sterzing und dem Oetzthale auf dem Jaufen und Timbls anstellten; die mittlere Höhe der Gipfel und Kämme ist hier um 1500 bis 2000 Fuss geringer als bei der vorhergehenden Gruppe.

No. IV. umfasst einige Daten in den etwas südlicher gelegenen Alpentheilen, im Puster- und Eisackthale; die Quellen kommen aus Gneiss, Glimmerschiefer und Kalk.

No. V. Einige fremde Beobachtungen zur Vergleichung mit den unserigen. Vor allem sind hier die 49 Daten Wahlenbergs aus der nördlichen Schweiz mitgetheilt.

Auch bei UNGER ¹⁾, OSWALD HEER ²⁾ und SIMONY finden sich interessante Beobachtungen aus den Alpen, von denen wir jene aus dem nordöstlichen Tyrol von UNGER und jene von SIMONY aus dem Salzkammergute zur Vergleichung mit unseren Kalkalpen anführten.

Genaue Höhenangaben sind bei solchen Untersuchungen unerlässlich; unsere Berechnungen gründen sich alle auf barometrische und hypsometrische Bestimmungen, welche wir

1) Ueber den Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse; von Prof. UNGER. 1836. S. 40.

2) FROEBEL und HEER, Mittheilungen aus dem Gebiete der theoretischen Erdkunde. 1836. S. 29 u. f.

selbst mit aller Sorgfalt ausführten ¹⁾). Die Gesamtzahl unserer Beobachtungen, welche hier mitgetheilt sind, beträgt 37. Um diese Daten zu erhalten war es aber nöthig, in der Natur selbst eine weit grössere Anzahl von Beobachtungen anzustellen. Wie oft bemüht man sich lange Zeit, die Temperatur einer Quelle zu erhalten, und später zeigt uns dann der Vergleich und wiederholte Beobachtungen in anderen Perioden oder Jahren, dass dieselbe doch nicht frei von äusserem Einflusse gewesen sei ²⁾). Bei der ersten Untersuchung lässt sich dieses nicht immer mit Sicherheit erkennen, und bei der Seltenheit schöner, für Temperaturbestimmungen brauchbarer Quellen darf man jede Gelegenheit zu Beobachtungen benützen, wenn auch nur einige derselben später zu den gewünschten Resultaten führen. Ganz unbrauchbar bleiben jedoch auch diese Daten nicht; sie geben Aufschlüsse über die Kraft der Insolation, und wenn wir sie mit den Temperaturzunahmen grösserer Wassermassen, der Gletscherbäche und der Hochalpenseen vergleichen, können wir aus ihnen einige wichtige Resultate für die meteorologischen Zustände der Alpen erhalten ³⁾).

Abnahme der Bodentemperatur mit der Höhe.

Wenn wir allgemeine Gesetze aus unseren Daten ableiten wollen, so lassen sich zunächst zwei Richtungen der Betrachtung unterscheiden. Man kann die Quellen verschiedener Länderstriche und Gebirgszüge unter sich vergleichen und untersuchen, welchen Einfluss die geographische Lage und die geognostischen Formationen auf die Temperatur derselben ausüben. Ferner kann man den grossen Einfluss der Höhe berücksichtigen und die Temperaturabnahme mit der Erhebung untersuchen. Wir wollen die letztere dieser wichtigen Fragen hier zuerst behandeln, da unsere Beobachtungen vorzüglich zu diesem Zwecke angestellt wurden; die andere allgemeinere Vergleichung werden wir am Schlusse vornehmen.

Man nimmt gewöhnlich nach dem Vorgange von KÄMTZ an, dass man sich in den Alpen 150 bis 160 Toisen erheben müsse, um die Quellentemperatur um 1° C. fallen zu sehen. Das Gesetz ist aus den 19 Daten WAHLENBERGS hergeleitet und KÄMTZ selbst erwähnt, dass dasselbe wegen der geringen Anzahl von Daten nur sehr approximativ sei. Wir werden sehen, dass es für ganz allgemeine Verhältnisse einen guten Anhaltspunct

1) Bei einigen Quellen wurden kleine Höhendifferenzen zwischen ihnen und anderen Puncten, welche wir barometrisch bestimmt hatten, durch Interpolation und durch Messungen mit dem Porrhometer ergänzt.

2) Das Hinweglassen ähnlicher Quellen, welche bei verschiedenen Witterungsverhältnissen auffallende Schwankungen zeigen, kann auf die Resultate der Untersuchungen selbst keinen nachtheiligen Einfluss haben, da nur solche offenbar unbrauchbare Beobachtungen aus den Tabellen entfernt wurden. Jedoch alle übrigen Quellen wurden sorgfältig beibehalten, wenn sie auch Temperaturen zeigten, welche von den gewöhnlichen etwas differirten. Die Zahl unserer Quellen dürfte genügen, um den folgenden Untersuchungen als Grundlage dienen zu können, indem wir stets mit grosser Vorsicht die Resultate abzuleiten versuchten. Auch verglichen wir stets die Beobachtungen von WAHLENBERG, UNGER, SIMONY, DAUBRÉE und THURMANN.

3) Es sind diese Beobachtungen in dem folgenden Capitel (XII) mitgetheilt.

gewährt; versucht man aber es auf specielle Fälle anzuwenden, so zeigt sich, dass es in der Natur eine Reihe von Modificationen erfährt. Wir wollen diese Abnahme ins Einzelne verfolgen und die verschiedenen Gruppen gesondert behandeln, zunächst mit den Centralalpen beginnend, da hier die vollständigste Reihe von Beobachtungen vorliegt. Vor allem sollten unsere Beobachtungen über jene Frage Aufschluss geben, ob die Annahme der Bodentemperatur in einer gleichmässigen arithmetischen oder geometrischen Progression vor sich gehe, oder ob auch sie, wie die Pflanzenregionen, einen anderen aber dessenungeachtet noch immer gesetzmässigen Gang befolge. Wir glauben das Letztere aus den folgenden Beobachtungen sehr wahrscheinlich gemacht zu haben.

Centralalpen. Tauern.

No.	Quelle.	Höhe Par. Fuss.	Temperatur ° C.	Erhebung für 1° C. verglichen mit	
				Heiligenblut.	der nächst niedrigen Quelle.
1	Winklern	2878	6,7	—	—
2	Döllach	3168	6,9	—	—
3	Pockhorn	3420	6,8	—	—
4	Heiligenblut	3940	6,7	—	—
5	Fuscherthal	4293	6,4	1177'	1177'
6	Bricciuskapelle	4994	6,0	1506'	1750'
7	Kasereck	5130	5,8	1322'	680'
8	Gössnitz	5256	5,4	1012'	315'
9	Gössnitz-Grube	5796	5,0	1092'	1350'
10	Margaritze	6525	3,4	718'	383'
11	Petersbrunnen	6584	3,4	800'	— 49'
12	Trog	6850	4,2	1164'	— 336'
13	Freiwand	7020	3,4	855'	155'
14	Freiwand	7148	3,4	—	—
15	Wasserradkopf	7190	3,4	985'	— 44'
16	Johannisquelle	7584	3,0	984'	977'
17	Hochthor	8128	1,9	873'	497'
18	Salmshütte	8223	2,7	1070'	— 12'
19	Goldzeche	8858	0,8	834'	334'

A. Thalquellen.

No.	Quelle.	Höhe.	Temp.	Erhebung für 1° C. vergl. mit No.						
				2	4	6	9	12	15	16
2	Döllach	3168	6,9	0	3860	2030	1383	1364	1150	1134
4	Heiligenblut	3940	6,7	3860	0	1506	1092	1164	985	984
6	Bricciuskapelle	4994	6,0	2030	1506	0	802	1034	844	862
9	Gössnitz-Stollen	5796	5,0	1383	1092	802	0	1317	874	892
12	Trog	6850	4,2	1364	1164	1034	1317	0	425	609
15	Wasserradkopf	7190	3,4	1150	985	844	871	425	0	977
16	Johannisquelle	7584	3,0	1134	984	862	892	609	977	0
18	Salmshütte	8223	2,7	1203	1070	978	1051	915	1476	2140

B. Quellen an Wänden und auf Gipfeln.

No.	Quelle.	Höhe.	Temp.	Erhebung für 4° C. vergl. mit No.							
				4	5	7	8	10	11	13	17
4	(Heiligenblut) ¹⁾	3940	6,7	0	1177	1322	1012	718	800	855	873
5	Fuscherthal	4293	6,4	1177	0	1395	963	677	763	826	852
7	Kasereck	5130	5,8	1322	1395	0	315	517	604	700	769
8	Gössnitz-Abhänge	5256	5,4	1012	963	315	0	552	662	767	821
10	Margaritze	6525	3,1	718	677	517	552	0	- 19	—	1335
11	Petersbrunn	6581	3,4	800	763	604	662	- 19	0	1463	1031
13	Freiwand	7020	3,1	855	826	700	767	1463	480	0	923
17	Hochthor	8128	1,9	873	852	769	821	1335	1031	923	0
19	Goldzeche	8858	0,8	834	815	746	783	1014	876	800	664

Die vorhergehenden Tabellen enthalten die 49 hieher gehörigen Beobachtungen. Es folgen sich in der ersteren sämtliche Beobachtungen nach der Höhe, und es ist die Erhöhung gegeben, welche der Temperaturabnahme von 4° C. entspricht, und zwar nach zwei Vergleichungspuncten. In der vorletzten Spalte wurden alle Quellen auf jene von No. 4 in Heiligenblut bezogen; während in der letzten Rubrik dieselbe Grösse aus dem Unterschiede der einzelnen Quellen von den nächst tieferen gesucht wurde. Der Parallelismus beider Angaben ist unverkennbar, aber während in der ersten Spalte der Gang der Temperaturabnahme im allgemeinen sich zeigt, treten in der zweiten Spalte die Veränderungen, welchen wir in verschiedenen Höhen begegnen, noch weit prägnanter hervor. Wir werden bei unseren Untersuchungen sehen, wie wichtig es für die Temperatur des Bodens ist, ob die Quellen auf freien Abhängen und Gipfeln, oder in Thälern beobachtet werden; es sind in diesem Sinne die vorhergegangenen Beobachtungen in der zweiten und dritten Tabelle getrennt; man bemerkt sogleich innerhalb beider Gruppen eine weit grössere Regelmässigkeit als da, wo alle Quellen vereinigt sind. Um diese Verhältnisse in allen Richtungen hervortreten zu lassen, gaben wir die verticale Erhebung für die Temperaturabnahme um 4° C. aus der Vergleichung jeder Quelle mit allen vorhergehenden und nachfolgenden. Um die Uebersicht zu erleichtern, wurden durchgehends dieselben Nummern beibehalten.

Die ersten vier Nummern bilden hier eine langsam aufsteigende Linie. Sie liegen sämtlich in der Thalsohle des Möllthals; wir bemerken an ihnen einen auffallend geringen Unterschied der Temperatur, obgleich sie eine Höhengscala von 4000 Fuss durchlaufen. Dass die erstere am Fusse sehr steiler Abhänge hervorsprudelte und daher wohl mit einer etwas zu tiefen Temperatur aus höheren Gegenden zu Tage trat, ist auch in der Tabelle am Schlusse bemerkt. Als Mittel für unsere vier Quellen zwischen 3000 und 4000 (2878 und 3940) erhalten wir 6,8; nehmen wir die Differenz zwischen No. 2 und 4, so erhalten wir hier 4° C. für beinahe 4000 Fuss Erhebung. Diese sonderbaren Erscheinungen werden

¹⁾ Die Quelle No. 4 in der Tabelle B wurde nur zur Vergleichung mit den folgenden wieder angeführt.

aufhören uns in Erstaunen zu setzen, wenn wir bedenken, unter welchen Verhältnissen die vier Quellen vorkommen. Wir sagten, dass sie alle in der Sohle eines allmählich aufsteigenden Alpenthales, unter übrigens ganz gleichen Verhältnissen, liegen, und wir werden in den später folgenden meteorologischen Untersuchungen sehen, dass in den Thälern alle Erscheinungen des Klimas und der Pflanzenwelt sich langsamer ändern, warum sollen nicht auch die Temperaturen der Quellen, als das Resultat der ganzen meteorologischen Verhältnisse, eine solche Stetigkeit zeigen? Um den Beweis zu liefern für diese langsamere Abnahme der Temperatur, welche etwas die Thäler im Gegensatz zu den freien Abhängen characterisirt, müssten wir eine lange Reihe von meteorologischen Beobachtungen und vorzüglich von Vegetationsgrenzen geben; wir wollen nur anführen, dass wir dieses Gesetz selbst für den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre bestätigt fanden¹⁾. Auf diese Weise erklären sich die Temperaturen der angeführten Quellen sehr einfach; wir werden sehen, dass diese Gegensätze von Thal und Gipfel²⁾ auch ferner noch sehr wesentlich sein werden, um in anscheinend verworrenen Verhältnissen eine grosse Regelmässigkeit nachzuweisen.

Zwischen 4000 und 5000 Fuss haben wir zwei Angaben. Die erstere Quelle liegt auf einem Abhange der Gebirgskette zur Rechten des Fuscherthales. Die Höhendifferenz für 1° C. Temperaturabnahme beträgt im Vergleich zum vorhergehenden Punkte 1177 Fuss, es macht sich also schon hier der Einfluss des Abhanges geltend, indem diese Differenz merklich geringer ist als in dem Möllthale. Die Quelle bei der Briceiuskapelle befindet sich wieder in der obern Fortsetzung des Möllthales bei 4994 Fuss. Im Vergleich zu den Abhängen in der Fusch erhalten wir 1750 Fuss und zur nächstfolgenden Station im Möllthale 1506 Fuss Erhebung für 1° C. Temperaturabnahme. Man könnte fragen, warum diese Differenz hier geringer sei, als wir sie weiter unten im Thale fanden; die Ursache davon ist, dass dasselbe hier nicht mehr ganz so langsam ansteigt, es kommen mitunter höhere Absätze und weit schnellere Senkungen vor, welche überhaupt in den oberen Theilen, selbst der regelmässigten Alpenthäler, mehr überhandnehmen, daher erfolgte hier die Abnahme der Temperatur so viel mal rascher als weiter unten.

Zwischen 5000 und 6000 Fuss bemerken wir diese Erscheinung als eigenthümlich; wir erhalten z. B. zwischen No. 7 und 6, 680' für 1° C.; diess sind aber mehr locale Erscheinungen, sie compensiren sich sogleich, wenn wir sie mit mehreren etwas tiefer gelegenen Quellen vergleichen. Jedenfalls müssen wir festhalten, dass während in der

1) Pogg. Ann. Bd. LXXVI, S. 442 und Cap. XVII.

2) Es bezieht sich dieses auf die im allgemeinen ziemlich weit geöffneten Thäler und die grossen Becken der Alpen. Enge, schluchtartige Vertiefungen, welche sich an dem Fusse hoher Wände und an schattigen, feuchten Stellen befinden, können natürlich ganz andere, sehr locale und anomale Phänomene hervorrufen; besonders wenn das Quellwasser mit grossen Höhlen oder mit Eiskellern in Verbindung steht. Man vergleiche die interessanten Eismassen in der Kolowratshöhle am Untersberge bei Salzburg und: L. von BUCH *Sur les temperat. des quelques sources dans les pays de Neuchât. Bibl. brit.* 1802; und GILBERT Ann. 2; SIMONY Pogg. Ann. LXXVIII. 142; THURMANN *Essai* S. 59; über eine merkwürdige permanente Eisbildung im Boden bei geringer Meereshöhe im Westerlande, vergl. Pogg. Ann. Ergänzungsband 1842.

vorigen Gruppe von 4 bis 5000 Fuss die kleinste Differenz 4500 Fuss betrug, hier 345 Fuss als Minimum vorkommt und 1000 Fuss sich öfter finden. Als Mittel unserer Beobachtungen ergibt sich $5,4^{\circ}$ C., wobei im Vergleich zur vorigen Gruppe 4250 Fuss und im Vergleich zu 3000 bis 4000 Fuss 4430 Fuss Erhebung auf 1° C. Temperaturabnahme treffen.

Einer der interessantesten Abtheilungen begegnen wir bei 6000 Fuss. Die ganze Vegetation erleidet über dieser Höhe bekanntlich eine der bedeutendsten und wesentlichsten Veränderungen; schon bei 6000 Fuss ist die Waldgrenze und von da an nehmen die Coniferen rasch ab, bis sie bei 6500 und 6600 selbst in den höchsten Alpentheilen ihre letzte Grenze erreichen. Dass dabei das ganze Klima eine bedeutende Veränderung erleiden müsse, lässt sich erwarten, und unsere Beobachtungen, gerade in diesen Höhen sehr zahlreich, weisen mit Entschiedenheit nach, dass auch die Temperatur des Bodens, welche uns die Quellen anzeigen, grosse und ziemlich rasche Veränderungen erleidet. Es wäre jedoch wohl irrig, wenn wir diese Erscheinung ganz ausschliesslich mit dem Aufhören der Baumvegetation in Beziehung bringen wollten, denn auch die äusseren Gebirgsverhältnisse ändern sich theilweise in diesen Höhen. Im Ganzen tritt eine stärkere Neigung allenthalben ein; grössere Abhänge und Wände treten häufiger auf, und bewirken so Störungen in der Bildung und im Laufe der Quellen. Dass unsere No. 40 von der Margaritze durch solche Einflüsse mit einer etwas zu tiefen Temperatur zu Tage tritt, ist ausser Zweifel. Das Vorhandensein störender Einwirkungen in diesem Falle beweisen auch die nächstfolgenden Quellen, welche zuweilen um einige Zehntel höher stehen.

Eine eigenthümliche Anomalie bietet No. 42 dar, und doch haben wir Grund, diese Angabe als ganz richtig anzunehmen. Es dringen mehrere hübsche Quellen in geringer gegenseitiger Entfernung hervor; keine zeigt eine niedrigere Temperatur, und es wurde bei Gelegenheit unserer Glocknerbesteigung, wo wir den Platz passirten, zweimal zu ganz verschiedenen Tageszeiten diese Beobachtung angestellt. Wenn wir diese Temperatur mit Umgehung der zunächst folgenden etwas kälteren Quellen mit tieferliegenden Puncten vergleichen, so ist auch die Abnahme eine ziemlich rasche und regelmässige, wir erhalten zwischen 1000 und 1100 Fuss eine Differenz, welche zwar grösser als bei den anderen Quellen dieser Höhe, aber immerhin noch ziemlich gering ist.

Das Mittel aller Beobachtungen ist $3,4^{\circ}$ C. und wir erhalten auffallend geringe Höhendifferenzen für die Temperaturabnahme, nämlich nur 500, 744 und 882 Fuss, im Vergleich zu den tiefer liegenden Gruppen.

Die rasche Temperaturabnahme, welche wir zuletzt hatten, geht nicht immer in gleicher Weise fort. Die Verhältnisse der äusseren Gebirgsgestaltung, und vorzüglich auch die des Klimas und der Vegetation, bleiben jetzt wieder etwas stetiger, und wir finden, dass dieses auch zwischen 7000 und 8000 Fuss bei der Temperatur der Quellen der Fall sei. Man erhält als Mittel $3,0$, was im Vergleich zur vorangegangenen Gruppe sogar 2000 Fuss Höhendifferenz ergibt. Erst weiter nach unten macht sich die relativ doch sehr niedere Temperatur geltend, indem wir 833, 937 und 1053 Fuss erhalten.

Gleich in den untersten Parthien dieser Gruppe begegnen wir ein Paar sehr inter-

essanten Quellen. Die Freiwand, aus der sie entspringen, bildet einen mächtigen Keil, der sich zwischen den Hochthälern des Pfandelbaches und der Pasterze hineinschiebt. Wir fanden, dass zahlreiche Quellen, welche an dem südlichen Abhange desselben entspringen, constant dieselbe Temperatur zeigten, auch wenn sie aus etwas verschiedenen Höhen kamen. Die Johannisquelle, welche aus demselben Gebirgsstocke in dem Pasterzenthale 500 Fuss höher entspringt, differirt bloss um $0,4^{\circ}$ C. Allerdings ändern sich die Vegetationsverhältnisse nicht gar zu auffallend, aber sollte es nicht auch möglich sein, dass diese Quellen in einem gewissen Zusammenhang stehen, und die Fäden ihres Ursprungs in nicht gar grosser Entfernung ihren gemeinschaftlichen Sitz haben? Nähere Beweise wären wohl schwer zu finden, aber diese Sache scheint immerhin eine kleine Erwähnung zu verdienen.

Von 8000 bis 9000 Fuss fangen die Quellen an schon sehr selten zu werden, und man muss lange Zeit und öfter in einer Gegend verweilen, um einige aufzufinden. Das Einzige, was den Naturforscher dabei unterstützt, ist die grosse Wichtigkeit, welche dieselben bei grösseren Bergbesteigungen und Gernsjagden auch für die Alpenbewohner haben. Ein schöner klarer »Brunnen« in diesen Höhen gewährt stets den letzten Ruhepunkt und ist daher von Allen gekannt. Die drei Quellen, welche wir hier beobachten konnten, bieten in Bezug auf ihre Temperatur sehr grosse Verschiedenheiten dar. Der Gegensatz von Thal und Gipfellage tritt ungemein auffallend hervor.

No. 18 und 20 gehören der Reihe der Gipfel an. No 19 entspringt in einem schön ausgebildeten Hochalpenthale.

Die Temperatur der Quelle No. 18 am Hochthore bei 8128 Fuss, $4,9^{\circ}$, ist im Vergleich zu der nächstfolgenden Johannishütte (7584 Fuss, $3,0^{\circ}$ C.) auffallend gering, so dass wir nur 497' Differenz erhalten, welche erst bei tieferen Quellen 800 bis 900 Fuss beträgt. Noch auffallender aber muss es uns sein bei der nächsten Quelle, welche um 95 Fuss höher liegt, eine Temperatur zu treffen, welche die des Hochthors um $0,8^{\circ}$ übersteigt. Aber wie ganz verschieden ist auch die Lage dieser beiden Quellen. Das Hochthor ist die Höhe eines freistehenden schmalen Alpenpasses, welcher sich nach beiden Seiten jäh abdacht, und hat zur Seite ein Paar kahle groteske Felsennadeln, aus welchen eben die kleine Quelle ihre Nahrung zieht. Die Luftströmungen und die nächtliche Ausstrahlung müssen hier eine ungemeine Depression aller Temperaturverhältnisse bewirken. Die Salmshöhe dagegen ist die Thalsohle eines der höchsten Alpenthäler, ringsum geschützt und eingeschlossen von mächtigen Gebirgsmassen, die sich noch 2000 bis 4000 Fuss höher erheben. Dadurch wird uns die höhere Temperatur dieser Quelle wohl erklärlich. Und wenn wir sie mit anderen tiefergelegenen Quellen vergleichen, so finden wir auch noch eine sehr regelmässige Abnahme. Gegen die Johannisquelle ist sie allerdings nur 2140 Fuss auf 4° C., und wir sehen hier bestätigt, dass in Thälern, besonders über 7000 Fuss, die Temperaturabnahme nur sehr langsam vor sich geht; aber im Vergleich zum Trog u. s. w. erhält man 915 und 1050 Fuss, welches eine sehr hübsche Abnahme zeigt.

Die oberste Quelle, über welche wir eine Temperaturangabe besitzen, ist bei

8858 Fuss, auf einem Stollen des Goldzechbergwerkes in der Fleuss. Die Localität selbst gehört in die Kategorie des Hochthores, auf einem stark geneigten steilen Abhang, nur nicht ganz so ausgesetzt und blossgestellt. Es war ein Grubenwasser, welches aus feinen Wasserfäden zusammensickerte. Der Stollen selbst ging gerade in den Berg hinein und zog sich sogar noch etwas aufwärts, die Temperatur blieb sich bei mehreren Bestimmungen an verschiedenen kleinen Quellen bei 20 bis 40 Schritt Entfernung vom Eingang ganz gleich. Sie ist ungemein niedrig¹⁾ und darf wohl dem Minimum, mit welchem überhaupt noch eine Quelle zu Tage treten kann, sehr nahe kommen. Die Goldzeche, 0,8° C., und das Hochthor, 1,9° C., gehören zu den kältesten Quellen, welche bisher in Gebirgen beobachtet wurden. Es wird nicht uninteressant sein zu erwähnen, dass die freien Erhebungen der Hochalpen von 8000 bis 9000 Fuss in Bezug auf ihre Bodentemperaturen viele Aehnlichkeit mit den Beobachtungen zeigen, welche wir aus den nördlichsten Theilen von Europa und Asien besitzen. Wir führen hier einige der wichtigsten an, wobei wir uns auf solche beschränken, welche sich auf beständig fliessende, regelmässige Quellen beziehen und nicht über 3° C. reichen.

Nördliche Beobachtungen.

Art der Beobachtung.	N. Breite.	Höhe Par. Fuss.	Temperatur Cels.	Beobachter.
Enontekis	68° 30'	1602'	1°,70	WAHLENBERG ²⁾
Troitzko Ssawsk	50 24	2700	1,76	ERMAN ³⁾
Stora Windeln	65 30	1062	1,80	WAHLENBERG ⁴⁾
Bogoslowsk	60 0	618	1,88	KUPFFER ⁵⁾
Poworotnaja Sopka	57 12	1630	1,88	ERMAN ⁶⁾
Werchne Udinsk	51 48	1800	1,88	ERMAN ⁷⁾
Lyksele	64 30	600	2,00	WAHLENBERG ⁸⁾
Reschewskoi Sawod	—	—	2,5	HUMBOLDT ⁹⁾
Bakschewa (Erste Station jenseit Tobolsk)	—	—	2,5	HUMBOLDT ¹⁰⁾
Gransele	65 0	0	2,60	WAHLENBERG ¹¹⁾
Werchoturie	58 54	900	2,65	ERMAN ¹²⁾
Tigil	57 54	150	2,75	ERMAN ¹³⁾
Umeo	63 50	c. 100	2,90	WAHLENBERG ¹⁴⁾

1) Wir überzeugten uns durch genaue Untersuchung der Umgebungen, dass es selbstständige Quellen waren, frei von allem Einflusse von Schnee oder Gletscherwasser. 2) Flora Lapponica S. LI.
3) Ad. ERMAN bei KEMTZ II. Nachtrag S. 580 No. 42. 4) GILBERT Bd. XLI, S. 152. Dasselbst gedeihen noch Pinus sylvestris und einige Tannen. 5) Pogg. Ann. Bd. XV, S. 178. 6) A. ERMAN, KEMTZ Nachtrag S. 580. No. 49. 7) Ebend. No. 42. 8) GILBERT Bd. XLI, S. 147. 9) Centralasien, deutsche Ausgabe von MAHLMANN Band II. S. 408. 10) Centralasien Bd. II. S. 408, wo noch viele, sehr wichtige Bestimmungen von Quellen- und Wassertemperaturen enthalten sind. 11) GILBERT Bd. XLI, S. 149. In der Nähe dieser Quelle befindet sich der letzte geordnete Ackerbau. 12) KEMTZ etc. No. 23. 13) Ebend. No. 48. 14) GILBERT Bd. XLI, S. 145.

Um den Gang der Temperaturabnahme anschaulicher zu machen, wurden die Mittel für Gruppen von 1000 zu 1000 Fuss zusammengestellt, nebst den mittleren Höhen, welche der Abnahme der Temperatur um 1°C. entsprechen. Für die letzte Gruppe von 8000 bis 9000 Fuss sind zwei Mittel gegeben. *A* ist das allgemeine Resultat aus den drei vorhandenen Quellen. *B* ist der Werth, welchen wir für die freien Gipfelerhebungen aus zwei Beobachtungen erhalten.

*Tauern.*Mittel aus allen Beobachtungen ¹⁾.

I.	3000 — 4000	6,8	I.	II.	III.	IV.	V.
II.	4000 — 5000	6,2	1666				
III.	5000 — 6000	5,4	1430	1250			
IV.	6000 — 7000	3,4	882	714	500		
V.	7000 — 8000	3,0	1053	937	833	2500	
VI.	{ 8000 — 9000	<i>A</i> 1,8	1000	909	833	1250	833
		<i>B</i> 1,35	917	824	744	975	606

Die erste Spalte ist die interessanteste, wo die Mittel der einzelnen Gruppen mit jenen von No. 1 verglichen werden. Man sieht, dass das Maximum der Höhendifferenz zwischen der Gruppe I und II liegt. Von da an aufwärts wird die Abnahme rascher, zusammenfallend mit der Baumgrenze, wo in der Gruppe von 6000—7000 Fuss eine ungemein plötzliche Depression der Bodentemperatur stattfindet. Und jetzt treffen wir die auffallende Erscheinung, dass die Höhendifferenz wieder grösser wird, das heisst die Abnahme der Temperatur geht von da an wieder weit langsamer vor sich; ein Blick auf die letzte Zahl in die Gruppe V zeigt diess am evidentesten, indem zwischen ihr und der Gruppe IV 2250 Fuss Höhendifferenz erforderlich sind, um 1°C. Abnahme zu erhalten. Weiter nach oben erleidet die Temperatur wieder raschere Aenderungen.

Es sind in dieser Tabelle zwei Minima der Temperaturabnahme; nimmt man das Mittel aller Beobachtungen ohne die Trennung der Thal- und Gipfelstationen, so liegt dasselbe in der Gruppe IV; mit Berücksichtigung der angeführten Verhältnisse fällt es aber auf die Gipfelbeobachtungen der höchsten Gruppe. Die Zahlen der vorstehenden Tabelle zeigen deutlich, dass von einer ganz gleichmässigen Abnahme der Temperatur nicht die Rede sein kann. Man sieht, dass sie sich in oberen Theilen sehr dem Werthe nähern, welchen KÄMTZ und WAHLENBERG gegeben hat. Man kommt dieser Zahl noch näher, wenn unsere obersten Quellen mit denen von Heiligenblut verglichen werden. Diese sind für die Thalstationen: die Salmshöhe, für die Gipfelexposition: die Goldzeche; wir erhalten im Vergleich zur Quelle von Heiligenblut bei 3940 Fuss, 1070 und 834 Fuss Höhendifferenz, was im Mittel beider 951 Fuss auf 1°C. ergibt. Man sieht also, dass eine ähnliche Zahl uns das Verhältniss der obersten Quellen zu den tieferen im allgemeinen recht wohl ausdrückt, ohne dass sich weitere Folgerungen über die Temperatur der Zwischenstationen und den Gang der Abnahme daran knüpfen lassen.

1) Diese Mittel ebenso wie jene der Kalkalpen u. s. w. sollen vorzugsweise dazu dienen, den Gang der Temperaturabnahme zu veranschaulichen. Die absolute Grösse derselben ist natürlich noch etwas schwankend.

Der Gang, welchen die Abnahme der Temperatur in den Kalkalpen befolgt, ist in vielen Beziehungen unregelmässig und schwierig zu verfolgen; um denselben klarer darzustellen, sind in den beiden folgenden Tabellen die wichtigsten Differenzen für die Temperaturabnahme zwischen den einzelnen Quellen nebst den Mitteln zusammengestellt. Es ist dabei die Quelle 2 des ausführlichen Verzeichnisses weggelassen, weil sie uns etwas zu warm schien; die eigentliche Reihe beginnt ohnediess erst bei 2000 Fuss.

Nördliche Kalkalpen.

No.	Quelle.	Höhe.	Temp.	Erhebung für 4° C. vergl. mit						
				4	3	4	5	6	7	8
1	München	1540	9,0	0	1188	660	530	462	614	482
3	Innthal	2045	8,6	1188	0	459	420	366	542	412
4	Isarthal	2520	7,5	660	459	0	385	312	585	394
5	Isarthal	3020	6,2	530	420	385	0	455	912	402
6	Benedictenwand	3113	5,6	462	366	312	455	0	3250	554
7	Benedictenwand	3750	5,4	614	542	585	912	3250	0	-107
8	Isarquelle II.	3664	4,6	482	412	394	402	554	-107	0
9	Isarquelle I.	5726	3,4	747	713	782	966	1188	988	1718

Mittel.

Höhen.		Temperatur Cels.	Erhebung für 4° C. verglichen mit Gruppe		
			I.	II.	III.
I.	1000 — 2000	9,0			
II.	2000 — 3000	7,5	666		
III.	3000 — 4000	5,4	513	417	
V.	5000 — 6000	3,5	727	750	1250

Die interessantesten Spalten der ersteren Tabelle sind die Verhältnisse aller Quellen zur Quelle 1, und die Differenzen, welche sich zwischen den einzelnen nächst liegenden ergeben und den letzten Posten bei jeder Quelle bilden. Wirft man einen Blick auf die erste Spalte, so zeigt sich bis zur Quelle 7 eine sehr grosse Regelmässigkeit; die Anzahl der Fusse, welche der Temperaturabnahme eines Grades entspricht, wird stets kleiner, das heisst, die Abnahme wird rascher mit der zunehmenden Höhe und geht in den unteren Theilen der grossen, tief eingeschnittenen Thäler langsamer vor sich. Die erforderliche Höhendifferenz beträgt z. B. zwischen 1500 und 2000 Fuss beiläufig das Dreifache von jener Zahl, welche wir zwischen 1500 und 3113 (Quelle 1 bis 6) finden. 462 Fuss ist das Minimum in dieser Spalte. Die Lage der betreffenden Quelle ist ganz geeignet, um eine solche Erscheinung zu erklären; denn während wir uns zuerst in den regelmässiger gebildeten

Thälern des Inns und der Isar bewegten, treten wir hier plötzlich auf eine der schönen, freien Erhebungen, welche von der Zugspitze bis zum Untersberge den Abfall der nördlichen Kalkalpen bilden. Es ist in der Nähe eine kleine Alpe auf den steilen, nordwärts geneigten Abhängen der Benediktenwand ¹⁾, wo durch die freie Lage jedenfalls eine bedeutende Temperaturdepression bewirkt werden muss. Auffallend war es uns, in No. 7 auf demselben Gebirgsstocke eine Quelle zu finden, welche nicht ganz dieselbe rasche Abnahme zeigte; sie liegt allerdings weit günstiger in einem kleinen Becken, welches sich nördlich von der grossen Wand selbst, tief von den Zügen der Eiblersklamm umgeben, befindet — jedenfalls scheint dieselbe zu beweisen, dass wir eine Masse von Nebenumständen in der Natur berücksichtigen müssen; wir haben es vielleicht hier theilweise mit einer aufsteigenden Quelle zu thun; die Möglichkeit wäre gegeben, dass sie durch den hydrostatischen Druck aus den nebenstehenden Erhebungen gehalten würde. Auch befinden wir uns hier schon in Regionen, wo durch die Abnahme der Vegetation und des Climas Oscillationen und locale Störungen am meisten bedingt sind, was sich schon bei den Schieferzügen gezeigt hatte.

Die beiden folgenden Quellen gehören im Kalke zu denjenigen, welche durch ihre spätere Bedeutung und vorzugsweise durch das Characteristische ihrer Entstehung die merkwürdigsten sind. Wir haben schon bei den Betrachtungen über die Bildung der Quellen die wichtigsten Momente hervorgehoben, welche auf ihre Temperatur einen entscheidenden Einfluss ausüben. Bei der zweiten unteren Isarquelle ist dieses am bemerkbarsten. Die erste, höher gelegene, hat zwar einen ähnlichen Ursprung; aber der erkaltende Einfluss desselben macht sich nicht mehr so auffallend geltend. Es scheint hier wieder hervorzutreten, dass in gleichmässig verlaufenden Alpenthälern die Temperaturabnahme langsamer erfolgt, da beide Quellen in demselben Thale (Lavatschthal) sich befinden. Interessant ist auch, dass diese letzte Quelle ganz in der Nähe der Baumgrenze liegt und mit den Temperaturen der Schieferquellen zwischen 6000 und 7000 Fuss und deren Mittel zu 3,5 sehr nahe übereinstimmt. Es sind also hier fast analoge Temperaturen an diesen für die Vegetation so wichtigen Wendepunkten, obgleich die absoluten Höhen dieser Grenzen in den krystallinischen Schiefern der Centralalpen und im Kalke sehr verschieden sind. Dieser Umstand verdient besonders hervorgehoben zu werden, deswegen, weil er vor allem zeigt, dass die Quellentemperaturen mit den allgemeinen geothermischen Verhältnissen in einem innigen directen Zusammenhange stehen müssen.

In der letzten Columnne sind die Differenzen enthalten, welche sich zwischen je zwei auf einander folgenden Quellen ergeben. Wir werden hier dieselben Gesetze bemerken, welche sich in der ersten Spalte aussprachen, nur treten sowohl die Maxima als die Minima der Differenzen weit deutlicher hervor, da sie bei dem Vergleiche mit den untersten Quellen durch die vorhergehenden Beobachtungen theilweise gemildert werden. Sehr auf-

¹⁾ Gipfel der Benediktenwand 5522 P. Fuss. Die Baumgrenze auf der Benediktenwand beträgt 4385, die Waldgrenze 4410 P. Fuss.

fallend ist die geringe Zahl von 155 Fuss, welche zwischen der fünften Quelle im unteren Isarthale bei Krün und der sechsten auf den nördlichen Abhängen der Benediktenwand stattfindet. Der Einfluss der plötzlichen freien Gipfelerhebung tritt hier sehr deutlich hervor, und man sieht, wie wichtig es ist, die Localitäten der zu discutirenden Quellen genau zu kennen und zu berücksichtigen. Merkwürdig ist es auch, wie ungemein niedrig im Durchschnitte die erhaltenen Werthe sind; es zeigt uns, dass die Abnahme der Temperatur rasch erfolgt.

Die gegebenen Mittel sollen durch einige allgemeine Zahlen den Gang der Temperaturabnahme übersichtlich zusammenfassen. Auch hier geht die Abnahme in der Gruppe III bei weitem am langsamsten vor sich.

Es bleiben noch zwei kleinere Reihen von Beobachtungen zu betrachten übrig.

In den Umgebungen des Jaufen und Timbels haben wir fünf Quellen, welche gerade deshalb sehr merkwürdig sind, weil sie alle unter ganz gleichen Verhältnissen entspringen. No 1 bis 4 liegen auf den östlichen Abhängen des Jaufen, der sich als vielgebrauchter Pass zwischen dem Eisackthale bei Sterzing und dem Passeirthale ausbreitet. Es sind sämmtlich mässig reiche, hübsche Quellen. No 5 ist ganz in denselben Verhältnissen am Timbls, einem Passe zwischen dem Passeir- und Gurglerthal, auf der westlichen Abdachung desselben gegen das Oetzthal.

Centralalpen. Umgebungen des Jaufen und Timbels.

No.	Quelle.	Höhe.	Temperatur.	Erhebung für 4° C. vergl. mit			
				1	2	3	4
1	Gasteig	3951	5,2	0	2274	1300	1180
2	Jaufen	5770	4,4	2274	0	496	514
3	Jaufen-Baumgrenze	5907	3,7	1300	496	0	810
4	Jaufen bei dem Passe	6312	3,2	1180	451	810	0
5	Timbels	7030	2,2	1026	573	750	718

Diesen homogenen Verhältnissen gemäss lässt sich auch eine sehr gleichförmige Abnahme der Temperatur erwarten, welche hier in der That eintritt. Man könnte fragen, warum die Abnahme der Temperatur nicht rascher sei, da wir in der ersten Spalte alle Zahlen merklich über 4000 finden; der Grund davon liegt ganz einfach darin, dass der Vergleichspunct aller Beobachtungen, nämlich die unterste Quelle, auch schon auf dem Abhange liegt; der bedeutende Sprung, welcher sich ergibt, wenn Temperaturen aus

einem Thale mit denen eines frei erhobenen Abhanges verglichen werden, ist schon vorüber, und der unterste Punct auf diesem Abhange bei 3950 Fuss hat selbst eine ungemäin tiefe Temperatur (5,2). Es tritt dasselbe Verhältniss ein, was wir erhalten, wenn wir z. B. beim Kalke die höheren Puncte mit No. 6 vergleichen, mit jener Quelle, welche durch ihre Lage auf der Benediktenwand eine so rasche Temperaturerniedrigung erfährt. Die Spalte 6 bei der vorigen Tabelle zeigt, dass dann die erforderlichen Höhendifferenzen stets weit grösser werden, als beim Vergleiche mit der ersten Quelle, eben weil dann die Basis schon eine viel geringere Temperatur hat.

Obleich wir im allgemeinen die Gleichförmigkeit der Temperaturabnahme bei diesen Quellen hervorgehoben, wird man doch in der vorstehenden Tabelle einige bedeutende Unterschiede finden. Vor allem ist zu bemerken, dass die Abnahme der Temperatur bei weitem am langsamsten stattfindet zwischen 3950 und 5770 Fuss; wir bewegen uns hier meist durch Wälder aufwärts, und auch das ganze Auftreten der Vegetation lässt auf keine grossen Revolutionen des Climas schliessen. Zwischen 5770 und 5900 ist das stärkste Fallen der Temperatur bemerkbar. Die Quelle 2 steht aber noch inmitten eines regelmässigen Waldbestandes, No. 3 hingegen liegt an der äussersten Grenze der Baumvegetation, bei einigen vereinzelteten Lerchen. Die Depression der Quellentemperatur ist hier so stark, dass wir zwischen den beiden Puncten nur 486 Fuss uns erheben dürfen, um 1° C. Abnahme zu erhalten. Dabei hatten wir an jeder dieser Quellen an mehreren Ursprungspuncten ganz übereinstimmende Beobachtungen angestellt. Von hier weg nimmt die Temperatur etwas langsamer ab; jedoch bemerkt man wieder das Gesetz, dass unter gleichen Umständen die Abnahme in grösseren Höhen rascher erfolgt.

Die grosse Regelmässigkeit, welche herrscht, zeigt sich auch in der folgenden allgemeinen Zusammenfassung, welche hauptsächlich dazu gemacht wurde, um einen kleinen Vergleichungspunct mit den ähnlichen genauer festgestellten Verhältnissen der Tauern zu gewähren.

Höhe.	Mittlere Temperatur.	I.	II.
4000 bis 5000	3,0		
5000 bis 6000	4,5	2000	0
6000 bis 7000	2,7	870	556

Unsere Beobachtungen an den den etwas mehr gegen Süden gelegenen Abfällen der Alpen sind weit weniger als die eben betrachteten geeignet, die Gesetze über die Abnahme der Temperatur zu veranschaulichen. Jedoch versuchten wir, die gefundenen Höhendifferenzen unter sich zu vergleichen.

Südliche Abfülle.

No.	Quelle.	Höhe.	Temperatur.	Erhebung für 4° C. verglichen mit		
				1	2	3
1	Eisackthal	2220	10,1	0	—89	683
2	Mühlbach	2300	11,0	—89	0	352
3	Oberes Pusterthal	3040	8,9	683	352	0
4	Drauquelle	4198	5,3	412	333	322

Gleich bei der zweiten Quelle tritt der Fall ein, dass die erhaltene Höhe negativ ist, das heisst, die Quelle ist, obgleich 80 Fuss höher gelegen, bedeutend wärmer. Der Grund liegt darin, dass die beiden Quellen auf Abhängen entspringen, die beiläufig $\frac{1}{2}$ Meile von einander entfernt sind; die höhere kömmt auf einem besonnten Plateau hervor, das, zwischen der Eisack und Rienz gelegen, die letzte Grenze der südlichen Alpenvegetation bildet, während No. 4 etwas weiter nordwärts in dem ungleich kälteren Eisackthale liegt, das sich vom Brenner herabzieht, wo bald darauf auch die Wallnuss zu gedeihen aufhört. Und diese climatische Verschiedenheit ist gross genug, um sich in der Quellentemperatur sehr deutlich auszusprechen.

Bei allen folgenden Quellen zeigt sich eine regelmässige Abnahme, und zwar wieder grösser mit zunehmender Höhe. Dieselbe ist aber auch durchgängig sehr rasch. Die climatischen Veränderungen gehen nämlich hier sehr schnell vor sich, denn nur in ihren untersten Theilen reichen diese Thäler in die Region der Rebe und der Kastanie. Es scheinen daher überhaupt in den südlichen Alpen die Aenderungen der Quellentemperatur weit rascher vor sich zu gehen, als in den nördlichen Theilen, wie sich dieses auch in Bezug auf den pflanzengeographischen Character beobachten lässt.

Vertheilung der Bodentemperatur in verschiedenen Alpengruppen.

Es wurden bisher absichtlich die verschiedenen Gruppen von Beobachtungen ganz gesondert behandelt; es wird jedoch auch interessant sein, zu sehen, wie sich die Temperaturen der verschiedenen Gebirgszüge gegenseitig verhalten; es ist daher in der nebenstehenden Tabelle eine allgemeine Uebersicht unserer Daten gegeben.

Allgemeine Zusammenstellung.

Kalkalpen.			Tauern.			Jaufen und Timbls.			Wahlenberg.			Südlicher Abfall.		
Ort.	Höhe.	° C.	Ort.	Höhe.	° C.	Ort.	Höhe.	° C.	Ort.	Höhe.	° C.	Ort.	Höhe.	° C.
München	4540	9,0							Samling	1451	9,4			
Erpfendorf	4770	8,8							Albisrieden	1716	8,0	Eisack I.	2220	10,4
Hall	2015	8,6										Eisack II.	2300	11,0
Kitzbühel	2350	7,6							Peterzell	2408	7,7			
Krün	2520	7,5	Winklarn	2878	6,7				Ebenalp	2714	6,3			
Hinterathal	3020	6,2	Döllach	3168	6,9				Engelsberg	3040	6,5	Ollang	3040	8,9
Kohlstatt	3113	5,6							Guttannen	3253	6,2			
Isar II.	3664	4,6	Möllthal	3420	6,8									
Eiblersklamm	3750	5,4	Heiligenblut	3940	6,7	Gasteig	3954	5,2	Hochalp	3825	5,9			
Beim Reichen	4070	4,9							Sewelibrunn	4091	6,0			
			Fusch	4293	6,4				Martisbrunn	4256	5,0	Drau	4198	5,3
				4994	6,0				Rigi	4404	6,3			
				5130	5,8				Schwander All-					
				5256	5,4				mend	4465	5,6			
									Frachmunt	4593	5,3			
Lachthal	4780	3,57	Briccius						Kamor	4667	5,0			
Gebra	5100	3,5	Kasereck						Schwarzberg	4674	5,5			
			Gössnitz I.											
Dachstein	5546	2,38							Pilatus	5262	4,4			
Streiteck	5550	3,6							Staffelberg	5345	3,8			
Isar I.	5726	3,4												
			Gössnitz II.	5796	5,0	Jaufen	5770	4,4	Brunni	5754	3,7			
			Margaritze	6525	3,4	—	5907	3,7	Blanke Alp	5796	2,9			
			Petersbrunnen	6581	3,4	—	6310	3,2	Rossboden	6576	3,5			
			Trog	6947	4,2									
			Freiwand	7020	3,4	Timbls	7030	2,2						
			—	7148	3,4									
			Wasserradkopf	7190	3,4									
Dachstein	7395	1,4	Johannisquelle	7581	3,0									
			Hochthor	8128	4,9									
			Salmshöhe	8223	2,7									
			Goldzeche	8858	0,8									

Diese Zahlen allein würden schon genügen, uns die hier ausgesprochenen Gesetze deutlich zu machen. Die Quellen, welche wir aus den nördlichen Kalkalpen haben, stimmen im allgemeinen sehr gut überein mit denen, welche Prof. UNGER aus der Gegend von Kitzbühel mittheilt; niedriger sind jedoch unsere Temperaturen da, wo auf den Gebirgsgruppen der nördlichsten freien Abfälle der Alpen beobachtet wurde; die Temperaturdepression, welche wir für diese Orte schon bei Gelegenheit der Untersuchungen über das Verhältniss zur Höhe erwähnten, tritt hier wieder ganz auffallend hervor. Es sind diese beiden Reihen nebst zwei Quellen nach den Beobachtungen SIMONY's in der ersten Spalte vereinigt. Vergleichen wir aber dieselben mit den Quellen der Centralalpen, so treffen wir ein ganz anderes Verhältniss. Wir finden als constantes Gesetz, dass die Quellen des Kalkes kälter sind, und zwar wird dieser Unterschied mit der Höhe noch bedeutender. Der Grund dieser regelmässigen Erscheinungen scheint von zwei Ursachen bedingt zu sein. Einmal sinken wegen der Porosität des Kalkes einige Quellen etwas höher herab; auch wäre es denkbar, dass durch diese Porosität theilweise eine Verdunstung bewirkt wird, welche eine Depression der Bodentemperatur bedingt. Ein zweiter wichtiger Grund liegt jedenfalls in der Höhe der Gebirgszüge. Wir werden denselben noch deutlicher hervortreten lassen können, wenn zuerst auch die beiden folgenden Reihen mit den Hochalpen verglichen sind ¹⁾.

Die Quellen aus den Umgebungen des Jaufen, ebenfalls aus krystallinischen Schiefern stammend, zeigen bedeutend niedrigere Temperaturen, und wenn wir die Beobachtungen WAHLENBERG's herbeiziehen, so treffen wir dasselbe Verhältniss. Nur in ganz wenigen Fällen stimmen die Daten, welche uns dieser ausgezeichnete Beobachter aus der nördlichen Schweiz gegeben hat, mit den Temperaturen von No. II. überein, und wo diess

4) Die beiden in der Tabelle S. 264 angeführten Quellen aus den Kalkmassen des Dachstein, ebenso wie die von SIMONY mitgetheilten Mittel, bestätigen vollkommen die niederen Temperaturen der Kalkalpen im Gegensatz zu den Centralalpen, welche sich auch aus unseren Beobachtungen ergaben.

SIMONY erhielt: 1362—1946 Par. F.: 7,25° C.; 1946—2919': 5,75° C.; 3406—3892': 4,9° C.; 3892—4865': 4,25° C. (Pogg. Ann. LXXVIII, 135). — Die Depression der Bodentemperatur an den freien Rändern eines Gebirges, auf welche wir an den nördlichen Abdachungen der Kalkalpen aufmerksam machten, ist ganz analog den bekannten Thatsachen, dass die freien Ränder eines Plateaus weit kältere Lufttemperaturen haben, als das Innere desselben in gleicher Höhe. Die schönen Beobachtungen von DAUBRÉE an Quellen in dem Bassin des Rheines, den Vogesen und am Kaiserstuhl beweisen ebenfalls die raschere Abnahme der Temperatur und die relative Erkältung des Bodens auf freien Abhängen. (*Annales des mines; quatrième série* T. XV. 2^e livraison de 1849, pag. 459—470). Der Verfasser bemerkt in Bezug auf die Abnahme der Temperatur Seite 461: »C'est quand on quitte le sol à ondulations douces pour passer aux pentes abruptes des montagnes que le décroissement devient plus prononcé«. Durch den ungehinderten Wärmeaustausch des Bodens mit der Atmosphäre wird in gleicher Weise die Quellentemperatur auf freien Abhängen oder Gipfeln etwas kälter als in den Thälern der Alpen, welche rings von grossen Gesteinmassen umgeben sind. Ich glaubte hier diese Resultate, welche durch die angeführten, später publicirten Beobachtungen bestätigt wurden, etwas erläutern zu müssen, da gerade dieser Theil meiner Untersuchungen (Pogg. Ann. LXXVII.) von Hrn. Dr. O. SENDNER in der Regensburger bot. Zeitung 1850, No. 7 beanstandet wurde. In Beziehung auf die wenigen in meiner Abhandlung angeführten Vegetationsgrenzen darf ich bemerken, dass sich dieselben nur auf die Erhöhung derselben mit der grösseren Erhebung der Gebirgszüge, nirgends jedoch auf den Gegensatz der Vegetationsgrenzen in Thälern und auf Abhängen beziehen; über die Einzelheiten unserer Beobachtungen bitte ich Cap. XVIII. zu vergleichen.

der Fall ist, gehören unsere Quellen constant in jene Kategorie, welche wir als Gipfelquellen bezeichneten, d. h. als solche, die eine viel raschere Abnahme und daher etwas niedrigere Temperaturen zeigen. Den Grund dieser auffallenden Erscheinungen glauben wir in der Höhe der verglichenen Gebirge suchen zu müssen. Während in den Centralalpen die Höhe der Gipfel 10000 — 12000 und die der Kämme 8000 — 9000 Fuss beträgt, finden wir am Jaufen diese Verhältnisse auf 9000 — 6000 Fuss reducirt, und auch bei WAHLENBERG sind die zahlreichsten Erhebungen von 6500 bis 8500 Fuss. Wir haben also hier nur noch freie, wenig massenhafte Gipfel da, wo in den Centralalpen schöne Thäler vorkommen, und eine mächtige Gebirgsmasse fähig ist die Wärme zu binden, welche in den niederen Gebirgen schon frei und ungehindert in den Weltraum ausstrahlt. Die Vegetation dieser verschiedenen Alpenheile bietet die entschiedensten Anhaltspuncte für unsere Ansicht dar. Warum hat WAHLENBERG alle Baum-, Cultur- und Schneegrenzen niedriger angegeben, als wir sie in den centralen Alpenzügen finden? Je nachdem andere Beobachter in diesen oder in anderen Theilen ihre Untersuchungen anstellten, welche denen der nördlichen Schweiz analog waren, haben sie WAHLENBERG's Höhengrenzen bald bestätigt, bald verworfen¹⁾. Wir glauben, dass diese widersprechenden Erscheinungen sich ganz einfach erklären, wenn wir das vorhin erwähnte Gesetz in Anwendung bringen. Seine Gebirge waren niedriger, das Clima war bei ihm in gleicher Höhe kälter als in den Berner Alpen, deshalb steht seine Baumgrenze tiefer, und ganz derselbe Grund deprimirt auch die Temperatur seiner Quellen. Es scheint allerdings diese Ansicht der Voraussetzung zu widersprechen, dass die Schnee- und Gletschermassen, welche sich in den Hochalpen finden, gerade im Gegentheile eine bedeutende Erniedrigung der Temperatur bewirken müssen. Eine solche Depression ist unzweifelhaft vorhanden, und wir hatten Gelegenheit, die Grösse derselben für mehrere Baumgrenzen in der unmittelbaren Nähe von Gletschern durch verschiedene directe Messungen zu bestimmen; dieselbe ist aber nicht so bedeutend, dass sie die Wirkung der grösseren Erhebung, welche wir durchgängig in den Centralalpen finden, zu paralysiren vermöchte. Dieses Gesetz scheint aus allen Beobachtungen, welche wir mit specieller Rücksicht auf diese Verhältnisse anstellten, deutlich hervorzugehen. Am passendsten lässt es sich für die Grenzen wesentlicher und leicht bestimmbarer Vegetationsglieder nachweisen, deren hohes Interesse für allgemeine climatische Anschauungen zuerst v. HUMBOLDT²⁾ und v. BUCH³⁾ dargethan haben. Verbinden wir alle diese Grenzen in einem Durchschnitte über die Breite der Alpen hinweg, so werden wir stets eine Linie erhalten, welche einen gewissen Parallelismus zur allgemeinen Erhebung des

1) So findet es KASTHOFFER (Die Wälder und Alpen des Berner Oberlandes 1819) auffallend, dass ein so gewandter Beobachter wie WAHLENBERG sich in der Bestimmung dieser Grenzen so sehr geirrt haben sollte. Für seine Höhen hat WAHLENBERG sich sicher nicht geirrt; der Unterschied liegt darin, dass KASTHOFFER nicht auf Bergen von 5000 und 6000 Fuss, wie am Rigi und Pilatus, beobachtete.

2) *Essai sur la géographie des plantes et tableau physique des régions équinoxiales* 1807, und: *De distributione plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium*, 1817; *Asie centrale* T. III. etc.

3) Reisen in Norwegen. Physic. Beschreibung der Canarischen Inseln etc.

Gebirges zeigt. Der Grad dieses Zusammenfallens wird natürlich durch viele Umstände modificirt. Allerdings stimmt dieses nicht überein mit den Ansichten SAUSSURE'S¹⁾ und RAMOND'S, welche dieser Erkaltung durch die Gletscher und Schneemassen einen weit grösseren Einfluss zuschrieben; wir dürfen jedoch nicht vergessen, dass sie dabei hauptsächlich die Schneegrenze im Auge hatten: ein Phänomen, welches nicht nur in den Temperaturverhältnissen bedingt ist, sondern auch durch die Menge der atmosphärischen Niederschläge und die Richtung der Winde, welche ihre Feuchtigkeit an der einen oder anderen Seite eines Gebirgskammes vorzugsweise abgeben, mannigfach modificirt wird. Selbst die Neigung der Abhänge kann zuweilen einigen Einfluss ausüben, indem sich an sehr steilen Felswänden der Schnee nicht so leicht halten kann²⁾. L. v. BUCH hat diese Verhältnisse für die Schneegrenzen in Norwegen sehr schön zusammengestellt³⁾; er hat allerdings auf dem Folge-Fonden-Feldt im westlichen Norwegen eine Depression der Schneegrenze beobachtet, aber wir müssen bedenken, dass dort andere Terrainverhältnisse vorwalten und »ein ununterbrochenes Schneefeld von 12 Meilen Länge und fast überall 2 Meilen breit«⁴⁾ sich ausdehnt. Wir müssen noch bemerken, dass wir diese Ansicht hauptsächlich nur auf die Alpen anwenden wollen, und hier ist dieselbe, für die Bodentemperatur wenigstens, durch die Curven, welche am Schlusse dieser Abhandlung gegeben und nur auf ganz unzweifelhafte Angaben gegründet sind, entschieden bestätigt. Eine Thatsache, welche mit dieser Krümmung der Isogeothermen nach der Erhebung in schönem Zusammenhange steht, muss hier noch erwähnt werden, nämlich die Depression derselben gegen den Rand des Gebirges, was besonders beim Kalke sehr deutlich hervortritt. Man sollte erwarten, dass durch den aufsteigenden Luftstrom aus den wärmeren Ebenen gerade an diesen Abhängen eine Erhöhung der Temperatur hervorgerufen würde; bei kleineren Erhebungen tritt dieses ein, und wir hatten mehrfach Gelegenheit, die Wirkungen dieses auffallenden Luftstromes und seine Ausdehnung in den Thälern der Alpen zu verfolgen. In dem vorliegenden Falle im Grossen, wo doch schon Erhebungen von 5000 und 6000 Fuss vorhanden sind, wird durch die vielfachen Berührungspunkte dieser freien Abfälle mit der Atmosphäre und den dadurch bedingten Wärmeaustausch in vielen Fällen eine Depression des Climas bewirkt. Es ist äusserst lehrreich, in der Natur die gegenseitigen Begrenzungen dieser verschiedenartigen Einflüsse zu verfolgen, welche bald die Temperatur zu erhöhen, bald zu erniedrigen trachten; es müssen dieselben in weniger mächtigen Gebirgen oder im Norden, wo z. B. die Kraft der Besonnung und das Profil der Gebirgskzüge so verschieden sind, sehr wesentliche und interessante Modificationen erleiden. Und dieser Zusammenhang der Quellentemperaturen mit der allgemeinen Erhebung des Gebirges, welchen die Temperaturen vom Jaufen und von WAHLENBERG so schön zeigen, hat natürlich auch beim Kalke,

1) *Voyages dans les Alpes*. Vol. IV. §. 942.

2) Vergl. Alex. v. HUMBOLDT Kosmos I. 356.

3) GILBERT Ann. XLI. S. 4—50.

4) Seite 48.

dessen Gebirgszüge analoge Höhen zeigen, grossen Einfluss. Eine völlige Uebereinstimmung der Temperaturen in denselben Höhen finden wir aber doch zwischen den drei Gebirgszügen nicht bestätigt; im Kalke sind besonders die oberen Quellen stets etwas kälter: ein Beweis dafür, dass hier noch einige andere Momente vorhanden sein müssen, welche die Temperatur derselben deprimiren.

Es bleiben noch einige etwas südlicher gelegene Theile der Alpen zur Vergleichung übrig.

Obgleich sie nur wenige Meilen von dem eigentlichen Centralstock der Alpen entfernt sind, so haben sie doch eine bedeutend höhere Temperatur. Es zeigt sich also hier, dass die Bodentemperatur stets die Aenderungen der Vegetation verfolgt: eine Thatsache, die wir schon früher an der Grenze der Coniferen hervorhoben. Der Kamm der Alpen bildet hier eine strenge Grenzscheide, und mit dem Auftreten der Wallnuss, der Kastanie und der Rebe müssen auch die climatischen Bedingungen ihrer Existenz sich rasch ändern, worunter die Temperatur des Bodens sicher nicht die unwichtigste ist. WAHLENBERG und Leopold v. BUCH⁴⁾ haben für den Norden Europas den Zusammenhang der Quellentemperaturen mit dem Gedeihen und den Grenzen der Vegetation hervorgehoben; und es musste uns daher erfreuen, diese Erscheinung durch unsere Beobachtungen auch für die Höhengrenzen der Pflanzen in den Alpen bestätigt zu sehen.

Erläuterungen der Isogeothermen-Tafel.

Die vorzüglichsten Resultate dieser Untersuchungen sind auf einem Profildurchschnitte der Alpen vereinigt. Es zieht sich derselbe im allgemeinen von Nordost nach Südwest, obgleich es nicht möglich war, sich an eine gerade Linie zu halten. Ebenso bitten wir das Relief des Gebirges im allgemeinen als ganz schematisch zu betrachten.

Die Elemente der Linien wurden durch Interpolationen und durch Construction von Curven für die einzelnen Beobachtungsreihen gefunden, da, wie zu erwarten, die unmittelbare einzelne Beobachtung nur selten in ganzen Graden sich ausdrückte. Alle einzelnen Unregelmässigkeiten und localen Störungen wurden dabei möglichst eliminirt.

Die Beobachtungen von WAHLENBERG konnten zunächst in diese graphische Darstellung nicht aufgenommen werden, weil sie einige zu auffallende Unregelmässigkeiten zeigten, und die localen Verhältnisse ihres Ursprungs und die geognostischen Formationen uns nicht genau genug bekannt waren. Wir hatten jedoch früher schon öfter Gelegenheit zu zeigen, dass sie im allgemeinen mit dem auf dieser Tafel dargestellten Gesetze, nämlich der Senkung der Isogeothermen in niederen Gebirgszügen, sehr gut übereinstimmen.

Bei den nördlichen Kalkalpen sind UNGER's Beobachtungen als Parallele zu den unsrigen eingeschaltet. Da die Ablesung auf der graphischen Darstellung nicht dieselbe Schärfe gewähren kann, als die Berechnung selbst, so folgen hier die einzelnen Werthe mit der Bezeichnung jener Beobachtungen, welche ihnen zunächst liegen.

4) GILBERT ANN. XLI und POGGEND. ANN. XII.

Elemente der Curven.

C.	Kalkalpen.	Tauern.	Jaufen und Timbls.	Südabfall.	C.
10°	kommt nicht vor.	In dieser Gruppe war unser tiefster Beobachtungspunct nur 2800 Fuss. Daher fanden wir keine Quellen über 7°.	Unser tiefster Beobachtungspunct war 4000 Fuss. Daher mussten die wärmeren Isogeothermen hier durch graphische Interpolation ergänzt werden.	2200 Eisackthal. Franzensfeste 2389 etwas südlicher. 3000 Ollang. 3350 Ollang bis Drauquelle.	10°
9°	1540 München. 1660 (UNGER).				9°
8°	2150 Krün Isarthal. 2540 (UNGER). 2580 (UNGER).				8°
7°	2710	2900 Möllthal. 3400 Fuschthal.		3650	7°
6°	3050 Benediktenwand. 3450 Hinterauthal.	4990 Briccus. 4990 Kasereck.		3950 { Zwischen Ollang u. der Drauquelle.	6°
5°	4100 Benediktenwand. 4400 (UNGER).	5800 Gössnitz-Grube.	4400 Gasteig.	4290 Drauquelle.	5°
4°	4690 Isar. 4970 (UNGER).	6180 Gössnitz. 6800? Trög.	5850 Jaufen.	4600 Drauquelle.	4°
3°,5	5700 Isarthal.	6500 Petersbrunn.	6160 Jaufenpass.		3°,5
3°	6400 Isarthal.	7580 Johannisquelle. 8000 Salmshütte.	6470 Timbls.		3°
2°		8180 Hochthor.	7170 Timbls.		2°
1°	7450 Dachstein.	8780 Goldzeche.			1°

Die Betrachtung der Curven zeigt uns vor allem die Erhöhung der Bodentemperatur, welche in den Centralalpen zusammenfallend mit der grösseren Erhebung statt findet. In den tieferen Theilen haben wir zwei Maxima, wovon das grössere in den südlichen Abfällen liegt. Die Isogeotherme von 10° ist nur auf diese beschränkt und kann in den anderen Alpen theilen nicht vorkommen; bis zu 7° bleibt dieses Maximum in der Gruppe IV immer dem Südrande genähert.

Die bedeutende Aenderung, welche später in der Form der Isogeothermen bemerkbar wird, hat mehrere Ursachen; die Abnahme der Temperatur erfolgt überhaupt in den südlichen Alpen weit rascher, und hier, wo wir zugleich in rauheren Thälern uns befinden, tritt auch der Einfluss der geringen Höhe im Vergleich zu den Tauern wieder sehr merklich hervor. Ferner gehören unsere obersten Beobachtungen hier den Ausläufern des Kalk-

und Dolomitgebietes an, daher die Curven fast ganz zur Höhe der Kalkalpen herabsinken. Das Minimum finden wir constant in den Kalkalpen.

Die kleinen Oscillationen, welche stattfinden, rühren theils von mehrfachen Beobachtungen, theils von Vergleichen mit UNGER her. Von 6° an aufwärts bemerkt man eine starke Steigung der Linien gegen die Centralalpen zu; sie resultiren aus der Berücksichtigung von UNGER's Daten, welche hier, aus »Thonschiefer und schiefriger Grauwacke« von mässiger Höhe stammend, einen sehr passenden Uebergang gewährten. In den Centralalpen zeigt die Isogeotheime von 4° C. die häufigsten Oscillationen; jene von 3,5° ist die Bodentemperatur der Baumgrenze; sie fällt mit derselben im allgemeinen so sehr zusammen, dass es uns nicht passend schien, die Details der Baumgrenzen selbst hier aufzunehmen. Die grössten Oscillationen scheinen in der Nähe von 3° zu liegen, weil hier in der Natur der Gegensatz von Thal und Gipfel und die bedeutende Abnahme der Masse des Gebirges die grössten Unterschiede bedingt.

Die Isogeotheime von 0 Grad wurde aus den Differenzen der letzten Quellen berechnet. Sie scheint in die Nähe der äussersten Phanerogamengrenze zu fallen. Sie ist nur ein approximativer Werth, wird jedoch für solche ganz isolirte Felsennadeln nicht unwahrscheinlich sein.

Mit der Linie *Ph.* (*Phanerogamengrenze*) ist die äusserste Grenze der letzten Phanerogamen bezeichnet. Wir beobachteten in einer Höhe von 10362, 10340 und 9843 P. Fuss an drei Puncten noch die *Saxifraga oppositifolia*, *Cerastium latifolium*, *Cherleria sedoides*¹⁾, und es dürften diese letzten Grenzen eines so wichtigen Vegetationsgliedes hier wohl eine kleine Erwähnung verdienen. Jedoch schon weit früher tritt eine sehr wesentliche Veränderung in der Phanerogamen-Vegetation ein, sowohl in ihrer Masse als Mannigfaltigkeit, deren mittlere Höhe von 9000 Fuss so ziemlich mit der Isogeotheime von 1 Grad zusammenfällt. Ausser allem Parallelismus zu den Modificationen der Bodenwärme scheinen jedoch einige Arten von Flechten zu stehen, welche an die raue Oberfläche des Felsens angeheftet, selbst auf den höchsten Gipfeln der Alpen noch keine Grenze gefunden haben.

Resultate.

1) Bei Benützung der Quellen zur Bestimmung der Bodentemperaturen ist es unerlässlich, auf die geognostischen Formationen, die localen Verhältnisse und die dadurch bedingte Entstehungsweise der Quellen Rücksicht zu nehmen, um comparable Resultate zu erhalten.

2) Der Ursprung der Quellen hängt nicht nur mit der Schichtenstellung, sondern auch aufs Innigste mit dem allgemeinen Character der Gebirgsbildung zusammen.

1) Die ausführlichere Mittheilung dieser Beobachtungen ist in Cap. XXI. enthalten.

3) Die Zerklüftung und Porosität bedingt beim Kalke einen wesentlichen Unterschied von den krystallinischen Schiefern; die Quellen sind seltener, reicher und kommen zuweilen aus grösseren Höhen mit etwas zu niedriger Temperatur zu Tage.

4) Die Höhe, bei welcher die letzten Quellen vorkommen können, ist von der allgemeinen Erhebung des Gebirges abhängig; ihr Abstand von der mittleren Gipfel- und Kammhöhe ist bei Gebirgszügen analoger Höhe im Kalke grösser als in den krystallinischen Schiefern. Bei Gebirgen derselben geognostischen Formationen wird in den Alpen dieser Abstand wieder grösser, sobald sie sich weit über 9000 Fuss erheben, wo durch die Bildung steiler Wände und Gipfel und die Schnee- und Gletschermassen eine bedeutende Depression der Quellengrenze bewirkt wird.

5) Die Abnahme der Temperatur mit der Höhe erfolgt nicht nach einer ganz gleichmässigen arithmetischen oder geometrischen Reihe; sie geht langsamer vor sich in den Thälern als auf freien Abhängen oder Gipfeln, und erfolgt unter gleichen Umständen rascher in grösseren Höhen.

6) An der Baumgrenze finden sich in den Alpen in den verschiedenen Gebirgszügen nahezu dieselben Temperaturen, wenn auch die Höhe dieser Grenze selbst ziemlich verschieden ist; wir können $3,5^{\circ}$ C. als Mittel annehmen. Unmittelbar über der Baumgrenze bemerkt man die rascheste Abnahme der Bodentemperatur und die stärksten Oscillationen zwischen den verschiedenen Quellen.

7) Die Quellen in Thälern sind in gleicher Höhe wärmer als jene auf Abhängen oder Gipfeln, was besonders in den höchsten Regionen sehr deutlich hervortritt. Durch die grössere Ausstrahlung isolirter Gesteinmassen wird in gleicher Weise in den Kalkalpen auf den freien Abhängen gegen Norden eine auffallende Depression der Bodentemperatur bewirkt.

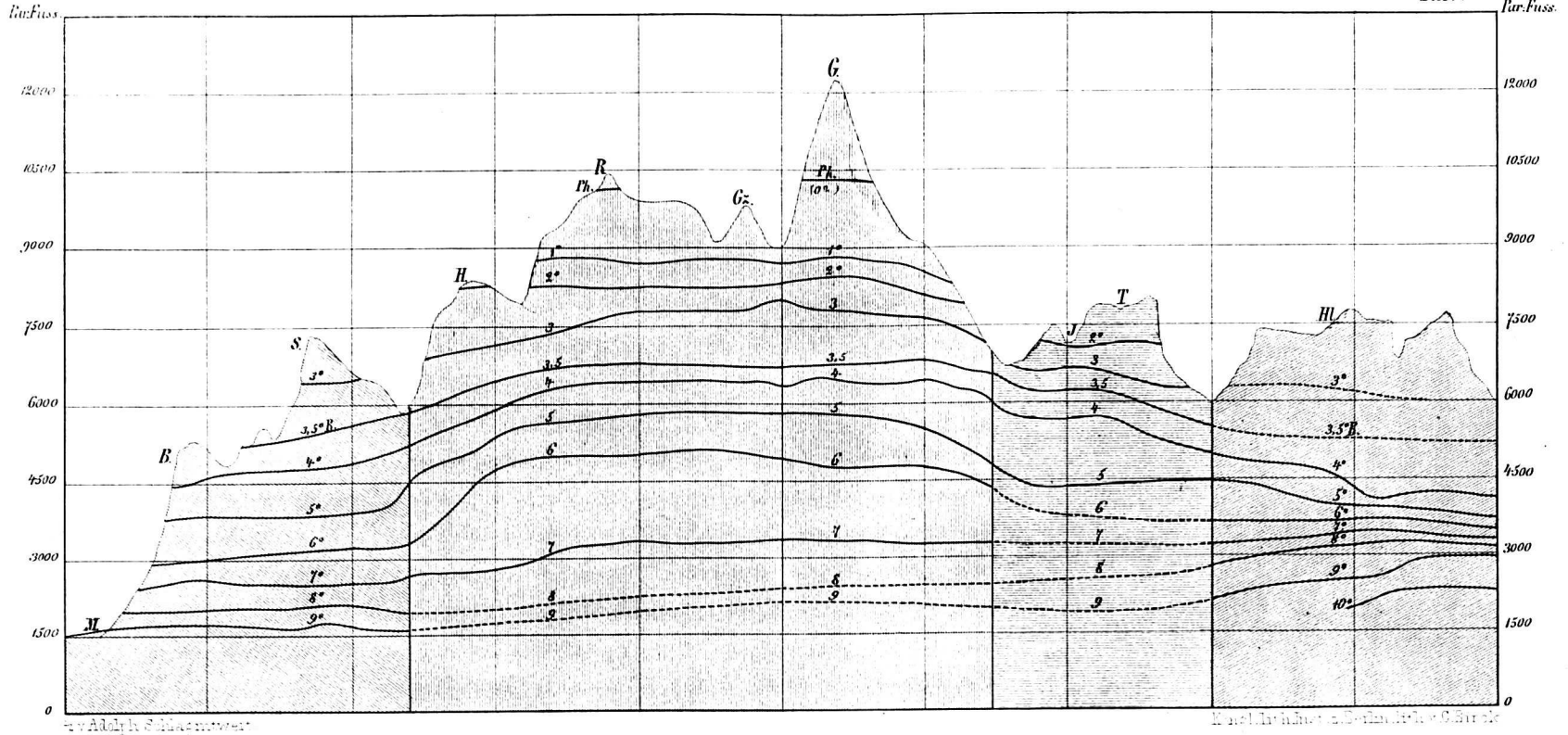
8) $0,8^{\circ}$ C. scheint das Minimum zu sein für die Temperatur der höchsten Quellen in den Alpen.

9) Die Höhe der Gebirgszüge hat einen entschiedenen Einfluss auf die Temperatur des Bodens; wir finden bei gleicher Höhe über dem Meere die wärmeren Quellen da, wo die mittlere Erhebung grösser ist; es erleiden daher die Isogothermen eine Biegung analog der Erhebungslinie des Gebirges.

Die Isothermen der Alpen.

Centesimalscala.

Taf. V.



Kalk-Alpen.

Central-Alpen-Tauern.

Jaufen u. Timble.

Südliche Abfälle.

M. München. B. Benedictenwand. S. Speckkahrspitze.

H. Hochthor. R. Rachern. Gz. Goldzeckhorn. G. Grass Glockner.

J. Jaufen. T. Timble.

HL. Helm.

3.5° B. Bodentemperatur in der Nähe der Baumgrenze.

Ph. Äusserste Phanerozoengrenze.

